

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Yoshio MACHIDA

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HERewith

FOR: COMPUTED TOMOGRAPHY APPARATUS AND PROGRAM

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number _____, filed _____, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):
Application No. Date Filed

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2002-262926	September 9, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. _____ filed _____
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number _____
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. _____ filed _____; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) _____
☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-262926

[ST.10/C]:

[JP2002-262926]

出 願 人

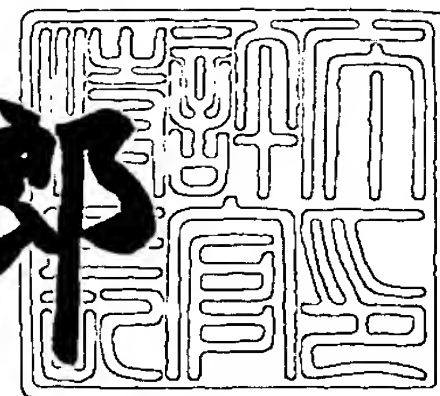
Applicant(s):

株式会社東芝

2003年 6月10日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3045082

【書類名】 特許願

【整理番号】 98B0220091

【提出日】 平成14年 9月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 A61B 6/03

【発明の名称】 コンピュータ断層撮影装置

【請求項の数】 19

【発明者】

 【住所又は居所】 栃木県大田原市下石上字東山 1 3 8 5 番の 1 株式会社
東芝 那須工場内

 【氏名】 町田 好男

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

 【識別番号】 100078765

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 波多野 久

【選任した代理人】

 【識別番号】 100078802

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 関口 俊三

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 011899

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

特 2 0 0 2 - 2 6 2 9 2 6

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 コンピュータ断層撮影装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2次元アレイ検出器を用いて被検体内の撮影領域の投影データを収集するデータ収集手段と、

該データ収集手段により収集される投影データと、該投影データをもとに新たに算出される追加のデータとの両方に基づいて、該撮影領域の再構成像を再構成する画像再構成手段と、

を備えたことを特徴とするコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 2】 該投影データをもとに新たに算出される追加のデータは、パラレル投影データであることを特徴とする請求項 1 記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 3】 該画像再構成手段は、該投影データとしてのコーンビームデータから得られるファンビームデータと、該追加のデータとしての 3 次元パラレルビームデータから得られる 2 次元パラレルビームデータとに基づいて、該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とする請求項 1 記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 4】 該データ収集手段は、前記投影データをヘリカルスキャンにより収集するものであり、

前記画像再構成手段は、設定された再構成面に近似する収集投影データ及び追加算出投影データの各近似投影データを抽出し、該各近似投影データに基づいて前記撮影領域の再構成像を再構成するものであることを特徴とする請求項 1 記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 5】 該再構成面は、該ヘリカルスキャンの中心軸に対して傾斜する斜断面として設定されることを特徴とする請求項 4 記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 6】 該画像再構成手段は、該再構成面を空間的に連続するように複数設定し、該各再構成面で再構成像を再構成してボリュームデータを得ることを特徴とする請求項 4 記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 7】 該ヘリカルスキャンは、X線源が該被検体に対して相対的にヘリカル軌道上を移動することにより実行され、

前記再構成面は、該X線源が略180度回転する間の複数のX線パスにより描かれる湾曲面に近似する平面として設定されることを特徴とする請求項4記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 8】 該画像再構成手段は、ヘリカル軌道に沿って設定した複数の再構成面のビームデータを近似するようにパラレルビームデータ群を順次作成し、作成された一連のパラレルビームデータ群から所定の再構成面を近似するビームデータ群を抜き出して補間処理を施し、この補間処理で生成されたデータ群に基づいて該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とする請求項4から7のいずれか1項記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 9】 該画像再構成手段は、ヘリカル軌道の対向するソース軌道により挟まれた擬閉領域においてパラレルビーム投影データを生成し、このパラレルビーム投影データと収集ファンビーム投影データとに基づいて再構成面のハーフ再構成用近似データを作成し、該近似データに基づいて該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とする請求項4から8のいずれか1項記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 10】 前記画像再構成手段は、ヘリカル軌道の対向するソース軌道により挟まれた擬閉領域においてパラレルビーム投影データを生成し、さらに傾斜面を決めるヘリカル軌道に最も近い2つの対向軌道により挟まれた擬閉領域においてパラレルビーム投影データを生成し、該パラレルビーム投影データと収集ファンビーム投影データとに基づいて該再構成面のフル再構成用の近似データを作成し、該近似データに基づいて該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とする請求項4から8のいずれか1項記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 11】 2次元アレイ検出器を用いて被検体内の撮影領域の投影データを収集するデータ収集手段と、

前記投影データから、該2次元アレイ検出器の回転中心軸に対し直交するとは限らない再構成面を近似するX線パスの近似投影データを抽出し、該近似投影データに基づいて該撮影領域の再構成像を再構成する画像再構成手段とを備え、

前記画像再構成手段は、該再構成面の各点毎に、近似ファンビーム又は近似平行ビームを選択し、該近似ビームを用いて該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とするコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 1 2】 該再構成面の各点毎に使用する近似ファンビーム又は近似平行ビームは、その点を含むビームを含むものであることを特徴とする請求項 1 1 記載のコンピュータ断層装置。

【請求項 1 3】 該再構成面の各点毎に使用するビーム群は、近似ファンビームであることを特徴とする請求項 1 1 または 1 2 記載のコンピュータ断層装置。

【請求項 1 4】 該再構成面の各点毎にその点を近似するビームを含むファンビーム又は平行ビームを使用することを特徴とする請求項 1 から 1 0 のいずれか 1 項記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 1 5】 該再構成面の各点毎に使用する近似ファンビームまたは近似平行ビームは、その点を含むビームを含むものであることを特徴とする請求項 1 3 記載のコンピュータ断層装置。

【請求項 1 6】 被検体内の撮影領域の投影データを収集するデータ収集手段と、

該データ収集手段により得られた投影データとしてのファンビームデータと、該ファンビームデータから算出される平行ビームデータとの両方に基づいて、該撮影領域の 2 次元再構成像を再構成する画像再構成手段と、を備えたことを特徴とするコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 1 7】 該画像再構成手段は、該ファンビームデータを平行変換したものと、該平行ビームデータとの両方に基づいて前記診断部位の再構成像を作成するのに必要な平行ビームデータ群を作成し、該データ群に基づいて該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とする請求項 1 6 記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 1 8】 該画像再構成手段は、該ファンビームデータを用いた再構成処理と該平行ビームデータを用いた再構成処理とをそれぞれ実行し、該各処理にて得られた再構成像を互いに合成して最終的な再構成像を再構成すること

を特徴とする請求項 1 6 記載のコンピュータ断層撮影装置。

【請求項 1 9】 該画像再構成手段は、ビームの角度とビームの原点からの距離とで設定される空間上、又は、該空間と等価なビーム集合の空間上において、1 の分割となる 2 つの重み関数を該ファンビームデータと該パラレルビームデータとにそれぞれ乗じた後に、該ファンビームデータを用いた再構成処理と該パラレルビームデータを用いた再構成処理とをそれぞれ実行し、該各処理にて得られた再構成像を互いに合成して最終的な再構成像を再構成することを特徴とする請求項 1 8 記載のコンピュータ断層撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コンピュータ断層撮影装置（以下、「C T」）に係り、特に X 線源がヘリカル軌道を持つコーンビーム・ヘリカル C T の画像再構成法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、X 線 C T の分野では、3 次元（3 D）化への実用に向けてその基本となる画像再構成アルゴリズムの継続的な開発が進められ、種々の提案が行なわれている。例えば、X 線源がヘリカル軌道を持つ、いわゆるコーンビーム・ヘリカル C T には、いくつかの近似再構成手法が提案されている。この手法の中には、T C O T（True C O ne beam Tomography reconstruction algorithm）法と呼ばれるものや、ヘリカル斜断面再構成法（A S S R 法とも呼ばれる）等がある。これらの再構成手法は、あくまで近似解を得るものであるが、コーンビーム・ヘリカル C T では、近年、厳密解の存在が示されている。

【0 0 0 3】

上記 C T の画像再構成アルゴリズムの研究開発及び実用化等の概要について、（1）ヘリカル C T、（2）ファンビーム・ジオメトリに基づくマルチスライス・ヘリカル C T、（3）コーンビーム・ジオメトリに基づく 3 D ヘリカル C T で近似解を得る方式、及び（4）コーンビーム・ジオメトリに基づく 3 D ヘリカル C T で厳密解を得る方式の順に説明する。

【 0 0 0 4 】

(1) ヘリカル C T

ヘリカル C T では、寝台移動を X 線源（ソース）と検出器の回転と同時に行なうことにより、X 線源を被検体に対して相対的に螺旋運動を描かせ、隣接する螺旋間で指定された任意のスライス位置に相当する仮想投影データを一般的には線形補間により順次作成し、この仮想投影データに基づいて被検体の画像を再構成する。ただし、任意のスライス位置とは言うものの、実質的には 1 回転あたり 1 スライスが得られるのみであり、例えば 1 0 c m 分の厚みを持つ領域を 2 m m スライスデータとして欲しければ、5 0 回転の撮影が必要である。

【 0 0 0 5 】

(2) ファンビーム・ジオメトリに基づくマルチスライス・ヘリカル C T

上記ヘリカル C T の拡張として、検出器をスライス方向に 2 ～ 4 チャンネル化した方式によるマルチスライス・ヘリカル C T が知られている。これによれば、データ収集速度が 2 ～ 4 倍になる。

【 0 0 0 6 】

実用上は、スライス方向に 4 チャンネル程度の検出器であれば、その異なるチャンネルで得られた各投影データを、スライス方向に平行な平行ビーム、すなわちファンビーム・ジオメトリに基づく多層の 2 次元ファンビームとみなしても、その再構成では問題が少ないことが確認されており、既に実用に供されている。

【 0 0 0 7 】

(3) コーンビーム・ジオメトリに基づく 3 D ヘリカル C T で近似解を得る方式

上記マルチスライス・ヘリカル C T における検出器の 2 ～ 4 チャンネルから、さらに 8 チャンネル、1 6 チャンネルと、チャンネル数を増加させていくと、異なるチャンネルで得られた各投影データは、もはやファンビーム・ジオメトリに基づく平行ビームとはみなせず、コーンビーム・ジオメトリを考慮する必要がある。

【 0 0 0 8 】

この場合のコーンビーム・ジオメトリに基づく第一の解決法としては、本発明

者により特開平 8 - 1 8 7 2 4 0 号公報で提案されているヘリカル斜断面再構成法がある。また、A S S R 法 (Kacheiriess, Med.Phys., 27, 754-772) と呼ばれている手法も、そのヘリカル斜断面再構成法と同等の技術である。

【 0 0 0 9 】

また、もともとソースが円軌道を持つ場合の再構成手法であるフェルドカンプ (Feldkamp) 法をヘリカルスキャンに応用した方法として、T C O T 法と呼ばれるものも提案されている (米国特許第 5, 8 2 5, 8 4 2 号参照)。

【 0 0 1 0 】

これらの手法は、いずれも近似手法であるので特にスライス方向のチャンネル数がさらに 3 2 枚、6 4 枚、・・・と増えていった場合にアーチファクトが顕著になってくるので、さらなる高精度化が求められている。

【 0 0 1 1 】

(4) コーンビーム・ジオメトリに基づく 3 D ヘリカル C T で厳密解を得る方式

一方、ヘリカル軌道のようなソースの軌跡をもつ場合、長大物体についても、言い換えれば、滑らかな関数系についても、理論的には厳密解をもつことが近年示されている。厳密解の存在に関しては、例えば、Schaller の文献 (Exact Radon rebinning algorithm for long object problem in helical cone-beam CT, IEEE Trans. Med. Imag. 19 361-75.(2000)) に記載されているように、いくつかの証明が示されている。

【 0 0 1 2 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来行なわれてきた画像再構成アルゴリズム開発のアプローチでは、厳密解とは言え、計算量が大きく、現実の離散データを用いる場合には補間処理による劣化が生じやすいといった問題があった。また、ある 1 枚のスライス画像を得るために必要なデータの範囲が広いために、被検体の周辺組織の影響や時間変動の影響を受けやすく、医用画像診断装置で用いるには十分ではないといった問題もあった。

【 0 0 1 3 】

すなわち、上述した従来例のいずれの画像再構成アルゴリズムも、実用的で且つ十分な近似を兼ね備えたものとは言えない。とくに、現在一部実用化が始まった 3 次元 CT、特にコーンビーム・ジオメトリに基づく 3 D ヘリカル CT では、さらに高精度で、できるだけ必要十分なデータのみを用いた実地的な新手法の提案が望まれているが、これまでの提案手法によっても近似の精度は十分とはいえずアーチファクトも残存しているのが現状である。

【 0 0 1 4 】

本発明は、このような従来の事情を考慮になされたもので、実用的で且つ精度の高い画像再構成法に加え、その画像再構成法の機能を有する 3 次元 CT システムを提供することを目的とする。

【 0 0 1 5 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明に係るコンピュータ断層撮影装置は、2 次元アレイ検出器を用いて被検体内の撮影領域の投影データを収集するデータ収集手段と、該データ収集手段により収集される投影データと、該投影データをもとに新たに算出される追加のデータとの両方に基づいて、該撮影領域の再構成像を再構成する画像再構成手段とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

該投影データをもとに新たに算出される追加のデータは、例えばパラレル投影データである。

【 0 0 1 7 】

該画像再構成手段は、例えば、該投影データとしてのコーンビームデータから得られるファンビームデータと、該追加のデータとしての 3 次元パラレルビームデータから得られる 2 次元パラレルビームデータとに基づいて、該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

該データ収集手段は、例えば、前記投影データをヘリカルスキャンにより収集するものであり、前記画像再構成手段は、設定された再構成面に近似する収集投影データ及び追加算出投影データの各近似投影データを抽出し、該各近似投影デ

ータに基づいて前記撮影領域の再構成像を再構成するものであることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

該再構成面は、例えば、該ヘリカルスキャンの中心軸に対して傾斜する斜断面として設定されることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

該画像再構成手段は、例えば、該再構成面を空間的に連続するように複数設定し、該各再構成面で再構成像を再構成してボリュームデータを得ることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

該ヘリカルスキャンは、例えば、X線源が該被検体に対して相対的にヘリカル軌道上を移動することにより実行され、前記再構成面は、該X線源が略180度回転する間の複数のX線パスにより描かれる湾曲面に近似する平面として設定されることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

該画像再構成手段は、例えば、ヘリカル軌道に沿って設定した複数の再構成面のビームデータを近似するようにパラレルビームデータ群を順次作成し、作成された一連のパラレルビームデータ群から所定の再構成面を近似するビームデータ群を抜き出して補間処理を施し、この補間処理で生成されたデータ群に基づいて該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

該画像再構成手段は、例えば、ヘリカル軌道の対向するソース軌道により挟まれた擬閉領域においてパラレルビーム投影データを生成し、このパラレルビーム投影データと収集ファンビーム投影データとに基づいて再構成面のハーフ再構成用近似データを作成し、該近似データに基づいて該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

前記画像再構成手段は、例えば、ヘリカル軌道の対向するソース軌道により挟まれた擬閉領域においてパラレルビーム投影データを生成し、さらに傾斜面を決

めるヘリカル軌道に最も近い2つの対向軌道により挟まれた擬閉領域においてパラレルビーム投影データを生成し、該パラレルビーム投影データと収集ファンビーム投影データとに基づいて該再構成面のフル再構成用の近似データを作成し、該近似データに基づいて該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

上記発明とは別の側面で、本発明に係るコンピュータ断層撮影装置は、2次元アレイ検出器を用いて被検体内の撮影領域の投影データを収集するデータ収集手段と、前記投影データから、該2次元アレイ検出器の回転中心軸に対し直交するとは限らない再構成面を近似するX線パスの近似投影データを抽出し、該近似投影データに基づいて該撮影領域の再構成像を再構成する画像再構成手段とを備え、記画像再構成手段は、例えば、該再構成面の各点毎に、近似ファンビーム又は近似パラレルビームを選択し、該近似ビームを用いて該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

該再構成面の各点毎に使用する近似ファンビーム又は近似パラレルビームは、例えばその点を含むビームを含むものである。

【 0 0 2 7 】

該再構成面の各点毎に使用するビーム群は、例えば近似ファンビームである。

【 0 0 2 8 】

本発明では、例えば該再構成面の各点毎にその点を近似するビームを含むファンビーム又はパラレルビームを使用する。

【 0 0 2 9 】

該再構成面の各点毎に使用する近似ファンビームまたは近似パラレルビームは、例えばその点を含むビームを含むものである。

【 0 0 3 0 】

上記発明とはさらに別の側面で、本発明に係るコンピュータ断層撮影装置は、被検体内の撮影領域の投影データを収集するデータ収集手段と、該データ収集手段により得られた投影データとしてのファンビームデータと、該ファンビームデータから算出されるパラレルビームデータとの両方に基づいて、該撮影領域の2

次元再構成像を再構成する画像再構成手段とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

該画像再構成手段は、例えば該ファンビームデータをパラレル変換したものと、該パラレルビームデータとの両方に基づいて前記診断部位の再構成像を作成するのに必要なパラレルビームデータ群を作成し、該データ群に基づいて該撮影領域の再構成像を再構成することを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

該画像再構成手段は、例えば該ファンビームデータを用いた再構成処理と該パラレルビームデータを用いた再構成処理とをそれぞれ実行し、該各処理にて得られた再構成像を互いに合成して最終的な再構成像を再構成することを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

該画像再構成手段は、例えばビームの角度とビームの原点からの距離とで設定される空間上、又は、該空間と等価なビーム集合の空間上において、1の分割となる2つの重み関数を該ファンビームデータと該パラレルビームデータとにそれぞれ乗じた後に、該ファンビームデータを用いた再構成処理と該パラレルビームデータを用いた再構成処理とをそれぞれ実行し、該各処理にて得られた再構成像を互いに合成して最終的な再構成像を再構成することを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るコンピュータ断層装置の実施の形態を添付図面を参照して説明する。

【 0 0 3 5 】

(本発明のハイブリッド再構成の基本概念)

本発明は、3次元(3D)CTにおける新しい画像再構成アルゴリズムを提案するものである。この新しい画像再構成アルゴリズムは、具体的には、従来法の「ヘリカル斜断面再構成法」(特開平8-187240号公報参照)の近似精度を向上させたものとして考えるのが理解しやすい。すなわち、実際に収集されたヘリカル軌道のコーンビームのデータ群と、理論的には厳密解として存在する部

分的に生成された平行ビームのデータ群を組み合わせた、ヘリカル斜断面の新しい再構成法である。

【 0 0 3 6 】

もう少し一般的に言えば、実際に収集されたコーンビームのデータ群の他に、理論的に存在するビーム群の部分的、あるいは中間的なデータ群を求めておき、これらのデータを組み合わせて使用する再構成法である。

【 0 0 3 7 】

典型的には、ある再構成面を想定し、2次元再構成を行うのに必要な近似データ群を上記2つのデータ群から抜き出す方法である。この必要なデータ群としては全て平行ビームのデータとしてもよいし、平行ビームとファンビームを組み合わせて再構成してもよい。さらに、従来法のフェルドkamp法やTCOT法のように各点ごとに最適と思われるビームを設定して再構成の精度を上げてよい。

【 0 0 3 8 】

ここで提案する新しいコーンビームCTの再構成法は、従来の2つのアプローチを有機的に組み合わせたものであるので、以下の説明では、必要に応じて、本発明によるコーンビームCTの再構成法を「ハイブリッド再構成法」とよぶことにする。特に、典型的な実現例であるヘリカル斜断面再構成法に「ハイブリッド再構成法」を適用した場合を、以下の説明では、必要に応じて、「ヘリカル斜断面ハイブリッド再構成法」と呼ぶことにする。

【 0 0 3 9 】

図1は、このヘリカル斜断面ハイブリッド再構成法の基本概念を説明するものである。図1に示すように、このヘリカル斜断面ハイブリッド再構成法は、その再構成で用いる原ビームデータとして、ヘリカル斜断面再構成法における近似投影ビーム（コーンビーム、ファンビーム）のうち近似精度の良好な部分の収集ビーム群と、この収集ビーム群から厳密解（後述参照）として求め得る平行ビーム群のうち必要な部分のみを限局して算出した平行ビーム群との両者を用いるものである。この詳細は後述する。

【 0 0 4 0 】

（本実施形態に係る C T の機器構成）

図 2（a）及び（b）は、上記ヘリカル斜断面ハイブリッド再構成法を用いた C T の機器構成を説明するものである。この C T としては、例えば前述した従来例のマルチスライス・ヘリカル C T と同様のものが適用可能である。スライス方向のチャンネル数は、概略 1 6 チャンネルから数十チャンネル程度、あるいは百数十チャンネル程度と大きめのものまで想定する。最も典型的な例は、図 3 に示すように、1 6 - 6 4 チャンネル程度の 2 次元長方形アレイ検出器を持つヘリカル C T となるが、上限は、この限りではない。

【 0 0 4 1 】

図 2（a）及び（b）に示す C T は、ガントリ 1、寝台 2、及びコンソール 3 を備え、コンソール 3 内の装置全体の制御中枢を担う主制御装置 3 6 による全体制御のもとで、例えば R - R 方式で駆動するようになっている。図 2（a）に示す例では、寝台 2 の長手方向を列方向（または回転軸方向、またはスライス方向）として、これに直交する 2 方向をチャンネル方向およびビーム曝射方向としてそれぞれ定義する。

【 0 0 4 2 】

寝台 2 の上面には、その長手方向（列方向）にスライド可能に支持された状態で天板が配設されており、その天板の上面に被検体 P が載せられる。天板は、サーボモータで代表される寝台駆動装置 2 0 の駆動によって、ガントリ 1 の診断用開口部（図示せず）に進退可能に挿入される。寝台駆動装置 2 0 には、コンソール 3 内の寝台制御装置 3 4 から駆動信号が供給される。また、この寝台 2 は、天板の長手方向の位置を電気信号で検出するエンコーダなどの位置検出器（図示せず）を備え、この検出信号を寝台制御用の信号として寝台制御装置 3 4 に送るようになっている。

【 0 0 4 3 】

架台 1 は、図 2（a）に示すように、その内部に略円筒状の回転フレーム（図示せず）を有し、この回転フレームの内側に上述の診断用開口部が位置する。また、回転フレームには、その内側に位置する診断用開口部に挿入された被検体 P を挟んで互いに対向するように X 線管 1 0 及び X 線検出器としての 2 次元長方形

アレイ検出器 1 1 が設けられる。さらに、回転フレームの所定位置には、高電圧発生装置 4、プリコリメータ、ポストコリメータとしての散乱線除去コリメータ、2次元データ収集装置 1 2、および架台駆動装置 1 3 が備えられる。

【 0 0 4 4 】

この内、X線源として機能するX線管 1 0 は、例えば回転陽極X線管の構造を成し、高電圧発生装置 4 からフィラメントに電流を連続的に流すことによりフィラメントを加熱し、熱電子をターゲットに向かって放出する。この熱電子は、ターゲット面に衝突して実効焦点が形成され、ターゲット面の実効焦点の部位からX線ビームが広がりを持って連続的に曝射される。

【 0 0 4 5 】

高電圧発生装置 4 には、低圧スリッピングを介して電源装置から低電圧電源が供給されると共に、光信号伝送システムを介して高電圧制御装置 5 からX線曝射の制御信号が与えられる。このため、高電圧発生装置 4 は、供給される低圧電源から高電圧を生成すると共に、この高電圧から制御信号に応じた連続的な管電圧を生成し、これをX線管 1 0 に供給する。

【 0 0 4 6 】

プリコリメータは、X線管 1 0 と被検体 P との間に、またポストコリメータとしての散乱線除去コリメータは、被検体 P と 2 次元長方形アレイ検出器 1 1 との間に、それぞれ位置する。プリコリメータ 2 2 は、例えば列方向に一定幅の例えばスリット形状の開口を形成する。これにより、X線管 1 0 から曝射されたX線ビームの列方向の幅を制限して、例えば 2 次元長方形アレイ検出器 1 1 の複数の検出素子列に対応した所望スライス幅のコーンビームを形成する。

【 0 0 4 7 】

X線管 1 0 と 2 次元長方形アレイ検出器 1 1 は、回転フレームの回転によって架台 1 内で、診断用開口部における軸方向の回転中心軸の囲りに対向状態で回転可能になっている。

【 0 0 4 8 】

また、2次元長方形アレイ検出器 1 1 は、複数の検出チャンネルを有する検出素子の列をスライス方向に複数列配した検出器で成る（図 3 参照）。各検出素子

の検出部は、その一例として、入射X線を一度、光信号に変換し、この光信号を電気信号に変換するシンチレータ及びフォトダイオードの固体検出器で構成される。また、この各検出素子には、電荷蓄積部（サンプルホールド）が設けられている。このため、この2次元長方形アレイ検出器11は、この電荷蓄積部を2次元データ収集装置12のスイッチ群で順に選択して電荷読出しを行い、これにより透過X線の強度を表す信号（投影データ）を検出する構造になっている。なお、各検出素子としては、入射X線を直接に電気信号に変換する方式のセンサ（I₁、I₂など）を用いてもよい。

【0049】

2次元データ収集装置12は、スイッチ群の切換により、2次元長方形アレイ検出器11の各検出素子から検出信号を順次読み出し、A/D変換（電圧に変換してサンプリング）する、いわゆるフィルタDASの構造になっている。これを行うため、この2次元データ収集装置12は、検出器が2次元長方形アレイ検出器11であることを考慮して、例えばNチャンネル数分の列選択部と、1個のチャンネル選択部と、1個のA/D変換器と、制御回路とを備える。

【0050】

図示しないデータ伝送部は、架台1内の回転側と固定側の信号経路を接続するもので、ここでは一例として、非接触で信号伝送する光伝送システムが使用される。なお、このデータ伝送部としてスリップリングの構造を用いてもよい。このデータ伝送部を介して取り出されたデジタル量の投影データは、コンソール3内の後述するハイブリッド画像再構成装置31に送られる。

【0051】

さらに、架台駆動装置13は、架台1内の回転側要素全体を回転フレームと共にその中心軸周りに回転させるモータおよびギア機構などを備える。この架台駆動装置13には、架台制御装置33から駆動信号が与えられる。

【0052】

高電圧制御装置5、寝台制御装置34、および架台制御装置33は、信号的には架台1および寝台2とコンソール3との間に介在し、主制御部36からの制御信号に応答して、それぞれが担当する負荷要素を駆動する。

【 0 0 5 3 】

コンソール 3 は、システム全体を統括する主制御部 3 6 のほか、主制御部 3 6 にバスを介して接続された、架台制御装置 3 3、寝台制御装置 3 4、ハイブリッド画像再構成装置 3 1、画像データ記憶装置 3 5、画像表示装置 3 7、等を備える。その他、図示しない補正ユニット、入力器等も含まれる。

【 0 0 5 4 】

補正ユニット（図示せず）は、主制御部 3 6 からの処理指令に応じて、2 次元データ収集装置 1 2 から送られてくるデジタル量の投影データに、オフセット補正やキャリブレーション補正などの各種の補正処理を施す。この補正処理された収集データは、主制御部 3 6 の書き込み指令によって、画像データ記憶装置 3 5 に一旦格納・保存される。この保存データは、主制御部 3 6 の所望タイミングでの読み出し指令に応じて画像データ記憶装置 3 5 から読み出され、ハイブリッド画像再構成装置 3 1 に転送される。

【 0 0 5 5 】

ハイブリッド画像再構成装置 3 1 は、機能上、図 2（b）に示すように、追加の中間ビームデータ群の算出部 3 1 a、斜断面のハイブリッド再構成部 3 1 b、及び平行断面群の生成部 3 1 c を備え、主制御部 3 6 の制御のもとで、再構成用の収集データが転送されてきた段階で、これら各部 3 1 a ～ 3 1 c の処理を通して、本発明の原理である 3 次元再構成アルゴリズムに基づく再構成処理（後述参照）を行い、3 次元領域の画像データを生成する。この画像データは、主制御部 3 6 の制御のもと、必要に応じて画像データ記憶装置 3 5 に保存される一方、画像表示装置 3 7 に送られる。

【 0 0 5 6 】

画像表示装置 3 7 は、画像データにカラー化处理、アノテーションデータやスキャン情報の重畳処理などの必要な処理を行い、その画像データを D/A 変換し、CT 像として表示する。

【 0 0 5 7 】

入力器（図示しない）は、スキャン条件（スキャン部位及び位置、スライス厚、X 線管電圧及び電流、被検体に対するスキャン方向などを含む）、画像表示条

件などの指令を主制御部 3 6 に与えるために使用される。

【 0 0 5 8 】

ここで、本実施形態の骨格をなすハイブリッド画像再構成法の原理を図 4 ～ 図 1 1 に基づいて説明する。

【 0 0 5 9 】

(画像再構成)

図 4 は、従来法の「ヘリカル斜断面再構成法」(特開平 8 - 1 8 7 2 4 0 号公報参照)の基本的アイデアを説明するものである。図 4 に示すように、この X 線源(ソース)の螺旋軌道の半回転分程度は、1 つの平面に近似的に含まれることに着目し、この斜平面「ヘリカル斜断面」に近い投影データ(ビームデータ)を抜き出し集めて、通常の 2 次元のハーフ再構成を行おうものであった。これと同等の従来法の技術として、A S S R 法と呼ばれている手法(Kacheiriess, Med. Phys. 27, 754-772)も知られている。

【 0 0 6 0 】

本発明では、斜断面に接する部分では、収集データを再構成に直接採用するが、近似の程度が悪くなる斜断面の両端部では、S a u e r 等の文献(Shaller et c, IEEE Trans. Med. Imag. 19 361-75.(2000))によって生成可能性が示されているパラレルビームを用いる(図 1 参照)。

【 0 0 6 1 】

このパラレルビームの生成については、後述するが、滑らかな関数系について、理論的には厳密解としてもとめられるものである。本発明では、これらを効果的に合成することによって、精度の良い斜断面画像を作成する。さらに 3 次元のボリュームデータを取得する場合には、図 5 に示すように、従来の斜断面再構成法と同様の考えに基づき、斜断面をソースの螺旋に沿って少しずつずらしながら、順次再構成を行えばよい。これにより互いに平行ではない一連のヘリカル斜断面像群が得られ、全体としてボリュームデータとなる。以上が概要である。

【 0 0 6 2 】

本発明は、複数種のデータを合成するという新しい考え方を導入しており、それに関連して副次的な新しい手法がある。ひとつは、斜断面再構成機能を有する

CTであって、再構成面の各点ごとに、その点を通るビームを含むファンビームまたは平行ビームを使用するもの。もうひとつは、ファンビームデータと平行ビームデータの両者を用いて2次元再構成像を再構成することを特徴とするCTである。それらについても提案する。

【 0 0 6 3 】

(用語の約束：概念の説明)

ここで、本明細書で使用する用語の定義(約束)を行う。基本的には、前述したヘリカル斜断面再構成法(特開平8-187240号公報)における説明に従う。以下の説明では、4つの概念、すなわち(1)収集コーンビームデータ、(2)変換平行ビームデータ、(3)仮想データ、(4)近似データを区別して考える。各定義は、次の通りである。

【 0 0 6 4 】

(1) 収集コーンビームデータ

この「収集コーンビームデータ」は、本明細書では、実際のデータ収集によって得られた実在する投影ビーム・投影データの意味で使用する。単に、投影ビーム・投影データ、あるいは特に区別を明確にしたいときには、省略せずに、実際に取得された投影データなどという。これらのデータ群は、各ビューごとにコーンビームデータである。2次元平面に含まれる部分集合を取り出すとファンビームデータとなる。

【 0 0 6 5 】

(2) 変換平行ビームデータ

この「変換平行ビームデータ」は、本明細書では、収集データの部分集合から計算により生成された、部分的な平行ビームデータ群の意味で使用する。これは、滑らかな関数系としては、厳密解として得られるものである。この生成は、コーンビームデータから平行ビームデータを生成する変換ともいえるので、ここでは「コーン平行変換」、又は、これを略して「CP変換」と呼ぶことにする。

【 0 0 6 6 】

(3) 仮想データ

この「仮想データ」は、本明細書では、上記ヘリカル斜断面のように画像作成のために想定した面、ないしその面内に含まれるビーム、及びそのビームに相当する投影データ等、仮想的に想定したものとして使用する。このように「仮想」を頭に付けて、面であれば仮想面、平面であれば仮想平面、ビームであれば仮想ビーム、投影データであれば仮想投影データ等と称することにする。

【 0 0 6 7 】

(4) 近似データ

(3) の仮想データは、実際には存在しない（場合がほとんどである）。本明細書中では、仮想データの代用となる近似データを、(1) の収集データと(2) の生成データから補間などにより作成する。これを近似投影ビーム・データ等と呼ぶ。

【 0 0 6 8 】

(ハイブリッド再構成法の処理の流れ)

X線源のソースの軌道半径は、例えば60 cm程度であり、ヘリカルピッチは列数にも依存するが、1 mmスライスで64列であれば40 - 50 mm程度と考えればよいだろう。これは、2 mmスライスで64列であればピッチも倍になる。このあたりの量は設定によって変わるものなので、以下の説明では、X線源のソースの軌道半径を1、ヘリカルピッチを1と単純化かつ正規化して換算した値を用いて説明する（ヘリカルピッチが大きすぎるが、本発明の説明としては問題がない）。

【 0 0 6 9 】

(1) 仮想平面の設定

従来法である「ヘリカル斜断面再構成」では、ハーフ再構成に必要な180度 + ファン角度 (2Aとする、典型的には50度程度) 分のビューデータに対応するソースの螺旋軌道の部分集合（以下「半螺旋」）との誤差が、全体としてできるだけ少なくなるように仮想平面を設定した。斜断面の傾斜角は、上記の正規化された定義では、例えば15.3度である。本願も類似のアプローチをとるが、変換パラレルビームデータの追加があるため、仮想平面はソース軌道の接線方向により近づけてよい。

【 0 0 7 0 】

さて、仮想平面設定の例として、斜断面を接線に一致させた例を図 6 に基づいて述べる。斜断面角度 κ は、 $\kappa = \arctan(1/2\pi)$ で、約 9.04° である。後述するようにこの斜断面の設定は実装に好適な例ではないが説明の都合上ここから始める。実装上好適な例は、処理を一通り説明した後に述べる。

【 0 0 7 1 】

(2) 変換パラレルビームデータの生成

図 6 において、上記仮想平面を設定したとき、接線を決めた方向から 90 度回転した方向からのソースの軌跡を図 7 (a) に示す。参考のため、ソースの軌跡を上から観察したものを図 7 (b) に示す。

【 0 0 7 2 】

図 7 (a) では、軌跡は γ を倒したようなエッジを有する形状になっている。このとき、シェーディングで示した領域、すなわちソースの軌道で囲まれた 2 次元の擬似的な閉領域（擬閉領域） D は、コーンパラレル変換（CP 変換）が可能な領域である（Shaller etc, IEEE Trans. Med. Imag. 19 361-75.(2000)）。図 7 (a) に示す閉領域 D 内で、図面に直交する各ビームの投影データが（厳密に）求められることになる。

【 0 0 7 3 】

図 7 (c) には、視線を代えて、わかりやすく図示した。図 7 (c) において、上記擬閉領域 D を直交方向に延ばした 3 次元領域を、 D' と呼ぶことにする。

【 0 0 7 4 】

上記 CP 変換で用いているデータに対応するソース軌道の軌跡は、斜断面を決めていたソース位置 S_0 から対称的な部分で、全体としては「 180 度 + ファン角度」だけ回った分である（図 7 (b) 参照）。この CP 変換には、 S_0 周辺からの情報も反映されるが、丁度、対向するビームに相当する部分の情報が主に使われている。

【 0 0 7 5 】

いずれにせよ、斜断面を決めた位置（この方向を $\theta = 0$ 度とする）から 90 度回転した $\theta = 90$ 度の方向については、斜断面画像再構成に必要な仮想ビームと

一致する平行ビームの情報を、C P 変換により得ることができることが了解される。

【 0 0 7 6 】

(コーンパラレル変換 (C P 変換) の補足について)

C P 変換は、公知技術 (例えば、Schaller, IEEE Trans. Med. Imag. 19 361-75.(2000)) であるので詳述しないが、その概要を以下に説明する。

【 0 0 7 7 】

1) 上記 3 次元の擬閉領域 D' に含まれる、F O V (撮影) 領域と、二次元の擬閉領域 D に直交する平面 H との共通部分を、有限個のソースからのファンビームの和集合 U として表す。この例を図 8 (a) に示す。3 次元の擬閉領域 D' は、凸形状ではなく、いくつかのパターンがあるので、その各パターンを図 8 (b ~ (d) に示す。

【 0 0 7 8 】

2) 上記和集合 U 内の各ビームについて、ビームが元々属するコーン内で平面 H と垂直方向への微分を行い、 U 全体について積分する (σ とする)。二次元の擬閉領域 D に直交する上記のような平面 H を平行なもの同士集めて並べ、 σ を順次積分するにより、 $D' \cap H$ での面積分が求められる。

【 0 0 7 9 】

3) 二次元の擬閉領域 D に直交する全ての H に対して求めた上記の面積分をもとにして B P 演算をおこなうことにより、 D 上の像 (すなわち、 D での被検体の透視像であり、言い方を変えると、 D' 内の平行ビームの積分値でもある) が求められる。この方法論は従来技術であるが、このような斜め方向での適用、さらにこの変換の向きをフレキシブルに変えながら一連のデータを生成する部分、さらにハイブリッド再構成を行う部分等の再構成処理そのものは、全く新しい考え方であり、本発明で提案するものである。

【 0 0 8 0 】

(3) ハイブリッド再構成

さて、このような C P 変換によるパラレルデータを、斜断面の設定位置を θ 方向に変えながら順次計算していくことができる。その様子を図 9 に示す。本来は

角度を変えて作成した擬閉領域 D' はお互いに重なりながら方向を変えていくものであるが、図9では理解しやすいように重なり具合を少なくしてある。

【0081】

こうして、収集によりもともと得られているコーンビームデータ群に加え、CP変換により得られた平行データ群も、画像再構成に使うための候補とすることができた。

【0082】

上記2つのグループのデータ群を用いた画像再構成の流れを、図10(a)、(b)、及び図11に示した。全体的なコンセプトは、本願発明の代表図面である図1に示してある。

【0083】

図10(a)は、ハイブリッド再構成処理の全体の処理手順を示すフローチャートである。図10(a)に示す手順では、まず、CTスキャン開始に際し、スキャン条件を設定し(ステップSt1)、ハイブリッドパラメータを設定し(ステップSt2)、データ収集・再構成パラメータD1を格納しておく。

【0084】

次いで、そのデータ収集・再構成パラメータD1をもとにCTスキャンを実行し、コーンビームデータを収集し(ステップSt3)、収集されたコーンビームデータD2を格納すると共に、そのコーンビームデータD2に基づくコーン平行変換により平行ビームデータ群を算出し(ステップSt4)、算出された平行ビームデータD3を格納する。

【0085】

そして、格納された収集コーンビームデータD2及び計算平行ビームデータD3に基づいて斜断面のハイブリッド再構成の処理を行ない(ステップSt5)、これで再構成された斜断面3次元データ(非平行スタック)を格納すると共に、平行断面群を生成し(ステップSt6)、直交断面3次元データ(平行スタック)を格納する。

【0086】

図10(b)は、図10(a)に示すハイブリッド再構成処理(ステップSt

5) の詳細を示すものである。図 1 0 (a) 及び (b) において、斜断面を設定後、コーンビームデータからも平行ビームデータを作成し、平行データをそろえて斜断面の画像再構成処理を行う (ステップ S 5 1 ~ S t 5 5)。

【 0 0 8 7 】

図 1 1 は、図 1 0 (a) に示すハイブリッド再構成処理の他の処理例 (ステップ S t 5 a) の詳細を示すものである。斜断面を設定し (ステップ S t 5 1 a)、収集コーンビームデータ D 2 に基づいてファンビームを近似データとして生成し (ステップ S t 5 2 a)、C P 変換データで得られた計算平行ビームデータ D 3 に基づいて近似データを算出し (ステップ S t 5 3 a)、それぞれ別々に、再構成面の再構成を適当な重み付けのもとに行い (ステップ S t 5 4 a、S t 5 5 a)、最後にこれらの 2 画像を合成する (ステップ S t 5 6 a)。ここで、C T の画像再構成が対数 (log) 変換以降は、基本的には線形演算であるため、合成処理は基本的には加算処理でよい。

【 0 0 8 8 】

以上で処理の流れの概要を示したが、最初に述べたとおり、仮想平面となる斜断面を軌道接線に一致させた斜断面角度 $\kappa = \arctan(1/2\pi) \doteq 9.04^\circ$ の説明用の例は、次の理由で実用上適当な例になっていない。すなわち、

(1) 斜断面を設定したソースの方向 ($\theta = 0$ とする) のごく近傍のみで直接収集データの近似がよいが、少し離れた点での近似の悪化が大きい。

【 0 0 8 9 】

(2) 算出した平行ビームは $\theta = 90$ 度方向は厳密解であるが、それ以外は近似の悪化が大きい。

【 0 0 9 0 】

結果として、 $\theta = 0$ 度、 ± 90 度の両端では厳密解が求められるものの、本来の目的である斜断面の画像を作成するのに必要な全ビームの確保ができない。よって、これらのバランスのとれた条件を設定する必要があり、上記で示した処理の流れも、本来はそうした条件下で成り立つものである。次節で実施例を示す。

【 0 0 9 1 】

(4) 補足

今、ここでは、上記の斜断面を1つだけ固定し、 $\theta = 90$ 度方向の平行データ（これは理論上厳密解）が求められたとし、視線方向を $\theta = 0$ から 90 度へとぐるっと回しながら、それぞれについて条件を合わせながらCP変換を行うケースを考察する。斜断面を見込む角度は θ に依存して変わり、この角度のtangentは $(\tan \kappa \times \sin \theta)$ で与えられる。そこで、この角度に合わせてCP変換を順次おこなってやれば、厳密な平行ビームが順次得られる。

【0092】

ただし、（1） θ が小さくなると視線方向も小さくなるため擬似的な閉領域Dは大きなものになっていくこと、（2）斜断面を決めるごとにこのように条件を変えたCP変換演算を行ってはいは膨大な計算が必要になる、といった問題がある。計算機の手が速さがさらに大幅に向上し、アルゴリズム的にも整理されてより簡潔になればこのような処理も可能であるが、現時点では実用的とはいえないアプローチである。

【0093】

〔実施例1〕

（1）必要な条件

さて、収集コーンビームデータと変換平行ビームデータで画像生成に必要なビームを揃えるためには仮想斜断面角 κ と平行ビームの視線方向角 κ' を注意深く設定する必要がある。上の例は、 $\kappa = \kappa'$ を 9.04 度とした例に相当する。満たすべき条件を改めてまとめると、

（1）収集コーンビームデータが斜断面を設定したソースの方向（ $\theta = 0$ ）の近傍以外でも、適当な近似精度を確保しながらある程度広い範囲をカバーすること、

（2）算出した変換平行ビームは $\theta = 90$ 度方向以外にも、適当な近似精度を確保しながらある程度広い範囲をカバーすること、

（3）両者をあわせて、斜断面の画像を作成するのに必要な全ビームの確保ができること、である。

【0094】

(2) 定式化

精度見積もりを行うために定式化を行う。

【0095】

この定式化では、斜断面の傾斜角を κ 、そのタンジェントを τ 、CP 変換を行う方向（平行ビームの視線方向）を κ' 、そのタンジェントである τ' としている。角度 κ を決めると、ソース軌道の形状が決まり、擬閉領域の形状 D が決まる。これが変換平行ビームを算出する領域となる。視線方向は、斜断面を決めた点 ($\theta = 0$ 度) の直交方向から角度 δ だけ回転した方向としている。

【0096】

以下、詳細を説明する。ここでは、近似データとして使われるべきデータを算出している。

【0097】

(定式化)

[1] 斜断面

ヘリカル機能を持つソースの軌道をパラメータ θ を用いて表現する。

【0098】

今、ソースの軌道半径を 1、ヘリカルピッチを 1 と正規化して考える。

【0099】

ソースの軌跡は、

【数 1】

$$\left. \begin{array}{l} S\theta := (\cos\theta, \sin\theta, \theta/2\pi), \\ Z\theta := (0, 0, \theta/2\pi) \\ R\theta := (\cos\theta, \sin\theta, 0) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ソースの軌跡} \\ S\theta = Z\theta + R\theta \text{ と分解して表現} \end{array} \quad \dots\dots(1)$$

とする。このとき、 $S\theta$ の微分である $S'\theta$ 、

【数 2】

$$S'\theta = (-\sin\theta, \cos\theta, 1/2\pi)$$

が斜断面を決める 1 つの基準となる。 $1/2\pi$ に限らない角度も含む一般表現として、

【数 3】

$$\kappa\theta = (-\sin\theta, \cos\theta, \tan\kappa) \quad \dots\dots(2)$$

とする。 $\tan\kappa = \tau$ とする。

【0 1 0 0】

R θ と $\kappa\theta$ で決まる斜断面（仮想平面）の法線ベクトル（x, y, z）は、

【数 4】

$$-x\sin\theta + y\cos\theta + \tau z = 0 \quad \dots\dots(3)$$

$$x\cos\theta + y\sin\theta = 0 \quad \dots\dots(4)$$

を解くと、 $(\sin\theta, -\cos\theta, 1/\tau)$ が得られ、これを正規化すると、

【数 5】

$$\frac{\tau}{\sqrt{\tau^2 + 1}}(\sin\theta, -\cos\theta, \frac{1}{\tau}) \quad \dots\dots(5)$$

となる。ソースの Z 座標は、 $Z = \theta / 2\pi$ なので、面と原点との距離は、

【数 6】

$$\theta / (2\pi\sqrt{\tau^2 + 1})$$

となる。従って、上記（2）式から、仮想平面は、

【数 7】

$$x\sin\theta - y\cos\theta + \frac{1}{\tau}z = \frac{\theta}{2\pi\tau} \quad \dots\dots(6)$$

となる。

【0 1 0 1】

【2】 近似パラレルビームデータ

さて今、仮想平面の傾きを、 $\tau = \tan\kappa$ としたが、 $\theta = 0$ と固定して考える。こうしても、以下の議論では一般性を失わない。これを T 0 とする。

【0 1 0 2】

CP 変換を行なう方向の傾き（視線方向の傾き）を、 $\tau' = \tan\kappa'$ とする。また、 $\theta = \delta$ とする。これらの平行ビーム群（平行ベクトル群）で、T 0 に最も近いものを次の手順で決める。

【 0 1 0 3 】

$\theta = \delta$ としたときの投影方向のベクトルを、上記 (2) 式にならい、 $\kappa' \delta$ とすると、

【数 8】

$$\kappa' \delta = (-\sin \delta, \cos \delta, \tan \kappa') \quad \cdots \cdots (7)$$

となる。 $\theta = 0$ での仮想平面 $T 0$ は、上記 (6) 式から、

【数 9】

$$z = \tau y \quad \cdots \cdots (8)$$

と表わされるが、 $T 0$ 内の $\kappa' \delta$ に直交するベクトルを $V (= (x, y, z))$ とすると、

【数 1 0】

$$-x \sin \delta + y \cos \delta + \tau z = 0$$

となる。これに上記 (8) 式を代入して整理すると、

【数 1 1】

$$x = \frac{\cos \delta + \tau \tau'}{\sin \delta} y \quad \cdots \cdots (9)$$

を得る。従って、 V の x 、 y 成分の大きさは、

【数 1 2】

$$\sqrt{x^2 + y^2} = \frac{|y|}{|\sin \delta|} \sqrt{1 + 2\tau \tau' \cos \delta + \tau^2 \tau'^2}$$

となる。 z 成分の大きさは、上記 (8) 式から、 τy であるため、このベクトル V が (x, y) 面となす傾きは、

【数 1 3】

$$|\tau \sin \delta| / \sqrt{1 + 2\tau \tau' \cos \delta + \tau^2 \tau'^2} \quad \cdots \cdots (10)$$

で与えられることになる。もともと、 δ 方向の接線方向は、

【数 1 4】

$$\delta / 2\pi \quad \dots\dots(11)$$

が基準になっているので、上記（1 1）式を切片として、上記（1 0）式の傾きとする。これにより、パラレルビームデータ群が、近似データとして使われるべきものとなる。

【0 1 0 4】

〔3〕誤差の見積もり

上記〔2〕のデータが実際に算出可能なデータとして存在したとして、そのときの近似の誤差を見積もってみる。これは、傾き κ の仮想平面 T 0 を δ だけ視線を変えた傾き $\tau \cos \delta$ と τ' の違いがエラーであり、その \tan である、

【数 1 5】

$$\tan(\tan^{-1}(\tau') - \tan^{-1}(\tau \cos \delta)) \quad \dots\dots(12)$$

を、エラーの指標とする。

【0 1 0 5】

また、算出したパラレルビーム群のうち、どのデータを抜き出して近似データとして用いるかは、上記（1 0）式及び（1 1）式によって与えられる。実例について見積もったものを例示することになる。

【0 1 0 6】

（3）実施例の詳細

以上の定式化をもとにして、いくつかの κ 、 κ' について、収集コーンビームデータと変換パラレルビームデータを合わせて斜断面の画像を作成するのに必要な全ビームの確保ができるどうか、その時の誤差は、どの程度かを検討した。

【0 1 0 7】

その結果として得た 1 つの例が、 $\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ 度である。

【0 1 0 8】

なお、以下で例示する図は、ソースの回転半径を 600 mm、検出器はソースを中心に 1100 mm の半径の円弧上にファン角度が 50 度で配置されている。

【0 1 0 9】

従って、FOV は、 $600 \times \sin 25^\circ = 253 \text{ mm} \times 2$ 、ほぼ 500 mm、として計算を

行って得たものである。

【0 1 1 0】

図 1 2 (a) は、視線方向から見たソース軌道の様子である。図 7 に相当するものを、 $\kappa' = 9.5$ 度について計算したものである。収集コーンビームデータがある斜断面によく近似されていることが視覚的にも理解できる。

【0 1 1 1】

図 1 2 (b) は、横軸をソース角度（度）、縦軸を仮想斜断面からのソースのずれとして示した図であり、60 度までなら誤差は 0.01 程度になっている。なお、近似の誤差は、コーンビームから切り出したファンビームデータのみでハーフ再構成に必要なデータを全て補う従来の斜断面法において、ビームデータの必要な範囲でのエラーを最小にする方式をとった場合のエラーは 0.07 程度となっていた。

【0 1 1 2】

図 1 2 (a) に対応する視線方向から見たソース軌道（従来例）を図 1 6 に示す。

【0 1 1 3】

図 1 3 (a) は、平行ビームの存在範囲あるいは算出可能範囲（これはつまり擬閉領域の形状 D である）と、上記定式化で求めた近似平行データの位置（上記定式化の (10) 式、(11) 式で与えられる直線）を、 $\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ 度について求めたものである。

【0 1 1 4】

図 1 3 (b) は、誤差を示した図である（上記定式化の (12) 式）。

【0 1 1 5】

さて、これらの 2 種のデータ、ファンビームと平行ビームの存在範囲を図 1 4 に模式的に示した。ファンビームは（直線に見えるが）正弦波曲線の一部、 ± 25 度の範囲の部分である。エラーは、図 1 2 (a) 及び (b) に示したとおりで段々大きくなるが広い範囲で存在はする。平行ビームは、上記擬閉領域 D の形状で決まるものである。平行ビームデータは、いわば対向するビーム群から計算するものであり、図 1 4 における左右の「台形領域」内の平行ビ

ームデータは、同じものを表していることになる。

【 0 1 1 6 】

本発明は、両データ群から、誤差の小さな方のビームデータを採用して画像作成を行う、あるいは大きな重み付けで用いて画像作成を行うものである。

【 0 1 1 7 】

図 1 4 のデータに対する重み付けの関数の例を次に示す。その様子を図 1 5 に図示している。シャドーのかかった部分がそれぞれ重みが 1 の部分で、その間の領域が重みが線形に変わる部分である。重み関数は、180 度で d に対して反転しながら繰り返す形になる。

【 0 1 1 8 】

重み付け関数の例： $(-90^\circ \leq \theta \text{ deg} \leq 90^\circ)$

(1) ファンビームの重み付け関数 $W_f(\theta \text{ deg}, d)$

【数 1 6】

$d \geq 0$ のとき；

$$W_f(\theta \text{ deg}, d) = 0, \text{ if } \theta \text{ deg} \leq 10 \times d - 65$$

$$W_f(\theta \text{ deg}, d) = (\theta \text{ deg} - (10 \times d - 65)) / 5, \text{ if } 10 \times d - 65 \leq \theta \text{ deg} \leq 10 \times d - 60$$

$$W_f(\theta \text{ deg}, d) = 1, \text{ if } 10 \times d - 60 \leq \theta \text{ deg} \leq 25 \times d + 60$$

$$W_f(\theta \text{ deg}, d) = (\theta \text{ deg} - (25 \times d + 60)) / 5, \text{ if } 25 \times d + 60 \leq \theta \text{ deg} \leq 25 \times d + 65$$

$$W_f(\theta \text{ deg}, d) = 0, \text{ if } \theta \text{ deg} \geq 25 \times d + 65$$

$d < 0$ のとき；

$$W_f(\theta \text{ deg}, d) = 0, \text{ if } \theta \text{ deg} \leq 25 \times d - 65$$

$$W_f(\theta \text{ deg}, d) = (\theta \text{ deg} - (25 \times d - 65)) / 5, \text{ if } 25 \times d - 65 \leq \theta \text{ deg} \leq 25 \times d - 60$$

$$W_f(\theta \text{ deg}, d) = 1, \text{ if } 25 \times d - 60 \leq \theta \text{ deg} \leq 10 \times d + 60$$

$$W_f(\theta \text{ deg}, d) = (\theta \text{ deg} - (10 \times d + 60)) / 5, \text{ if } 10 \times d + 60 \leq \theta \text{ deg} \leq 10 \times d + 65$$

$$W_f(\theta \text{ deg}, d) = 0, \text{ if } \theta \text{ deg} \geq 10 \times d + 65$$

【 0 1 1 9 】

(2) パラレルビームの重み付け関数 $W_p(\theta \text{ deg}, d)$

【数 1 7】

$$W_p(\theta \text{ deg}, d) = 1 - W_f(\theta \text{ deg}, d)$$

【 0 1 2 0 】

これは本来、 τ や τ' などのパラメータに依存するものであるし、実際の被検体となる画像の特性とその使用目的に合わせて最適化されていくべきものである。

【 0 1 2 1 】

図では、ビーム角度の方向を θ 、ビームの原点からの距離を d としている。 d はソース半径を1、ファン角度を ± 25 度としているので、 ± 0.423 であるので、これを ± 1 に正規化したものを d' とする。すなわち $d' = d/\sin 25^\circ$ 。本来はファンビームの正弦曲線に沿ったジオメトリやCP変換領域の形状（台形ではなく、螺旋を斜視した曲線の一部で囲まれた領域）などのジオメトリにあわせることも考えられるが、ここでは簡単のために、近似的な直線あるいは線分を用いて重み関数の値の変化領域を決めた。もちろん重み付けはここで示した式のように1次でなくGaussianなどを含む任意の滑らかな関数でも良い。

【 0 1 2 2 】

さて、この重み関数を用いて次のように画像再構成を行う。一つの方法は、ファンビームデータをファンパラ変換（ファンビーム→パラレルビーム変換）したのち、この重み付けでCP変換パラレルビームと重み付け加算をして、パラレルビームを元としたコンボリューション・バックプロジェクション再構成（CBP再構成）、あるいはフィルタード・バックプロジェクション（FBP再構成）を行うものである。フローチャートの的には、図10（a）及び（b）の流れに沿うものである。

【 0 1 2 3 】

〔実施例2〕

データ取得とCP変換処理、重み付け関数の算出などは、実施例1と同じである。実施例2では、最後の画像再構成部分が異なる。ファンビームデータに対して、実施例1で示した重み W_f を乗じた後に、ファンビームに対する通常の再構成を行う。一方、CP変換後のパラレルビームに対しては重み関数 W_p を乗じて、パラレルビーム再構成を行う。もちろん、それぞれ、全くデータの存在しない方向についてはバックプロジェクション演算を省略しても良い。これらの2つの

データについての再構成は演算アルゴリズムとしては異なるが、どちらも等価な演算であり、それぞれいわば中間画像を作成した後に加算を行っても正しい画像が得られる。処理の流れとしては、図 1 1 に示したものとなる。

【 0 1 2 4 】

この方法は、2つの種類の元データをもとにして画像を再構成するという考えが従来はなかったため、これまで全く報告されていない新しい考え方、方法論であるといえる。

【 0 1 2 5 】

ここで示した方法は、もう少し一般的に表現すると、{ビームの角度} × {ビームの原点からの距離}、またはそれと等価なビーム集合の空間上において、恒等的に 1 となる関数 “1” の分割となる 2 つの重み関数をファンビームデータと平行ビームデータにそれぞれ乗じた後に、ファンビーム再構成処理と平行ビーム再構成処理をそれぞれ行い、それらを合成することで最終的な再構成像を再構成することを特徴とする方法といえる。

【 0 1 2 6 】

[実施例 3]

実施例 1 の前の概要の最後でコメントしたように、平行ビームの傾斜角を視線方向に依存して変えてやるとより厳密な解になる。

【 0 1 2 7 】

実施例 1、2 では 1 つの傾斜角で代表させたが、ここでは 2 つの角度を用いる方法を開示する。 $\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ 度の例、 $\kappa 2' = 8$ 度とした例を示す。 $\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ 度のペアでの算出平行ビームが実施例 1 に相当し、 $\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa 2' = 8$ 度のペアでの算出データがそれに対する追加分である。後者のデータで前者のデータでカバーしにくい領域あるいは誤差の大きい領域を補う考え方である。

【 0 1 2 8 】

$\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa 2' = 8$ 度のペアでの平行ビームの生成可能範囲と近似データと誤差の見積もりを、図 1 7 に示す。また、図 1 8 は、上記の考えに基づいて、ファンビームと 2 つの平行ビーム群の使用範囲（重み付け関数）を

図 1 5 に相当する形で図示したものである。この例では、 $\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ の条件では平行ビームの算出がしにくく、また直接近似のファンビームデータではエラーが大きくなっていく領域を、 $\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa 2' = 8$ 度のデータでカバーしている。

【 0 1 2 9 】

この場合も、実施例 1 のように全て平行ビームに変換させる方法も可能であるし、実施例 2 のようにファンビーム、平行ビームそれぞれについて重み付の画像再構成を行った後に合成する方法も採用できる。

【 0 1 3 0 】

[実施例 4]

次に、本方式に、従来法である T C O T 法と同様に再構成面の各点ごとに X 線ビームが通った方向に沿って投影を行う考えを取り入れた例を図 1 9 (a) 及び (b) に示す。

【 0 1 3 1 】

図 1 9 (a) は、平行ビーム群（実際にはビームは紙面の直交方向も含めビームとして 2 次元の広がりをもつ）、図 1 9 (b) は、コーンビーム群、についての説明図である。これまでは、主に撮影視野中心を通る 1 次元の平行ビームまたはファンビームによる近似について説明してきたが、本例では、各点ごとに対応するビームを選ぶ。例えば、図 1 9 (a) 中の A、B に対してそれぞれ a、b を選ぶ。元の平行ビームやコーンビームは、図（紙面）と直交方向にも存在するので、これは単一ビームでなく 1 次元に配列した平行ビームやファンビームを表している。

【 0 1 3 2 】

この考えは、従来のヘリカル斜断面再構成法、あるいは A S S R 法と呼ばれている手法に対して直接適用してもよい。すなわち、ヘリカル斜断面再構成法、あるいは A S S R 法において、各点ごとに対応するビームを選択する方法である。この場合、図 1 9 (a) の場合はなく、図 1 9 (b) の場合のみが実際にあることになる。

【 0 1 3 3 】

〔実施例 5〕

ここまでに詳述したハーフ再構成をフル相当の再構成に拡張する一つの手法を図 2 0 (a) ~ (c) に基づいて説明する。図 2 0 (a) には、「フル再構成」に使う平行ビームデータを示す。これは、斜断面に接したファンビームの対向ビームに相当するものを 2 つの対向ビームを用いて作成する方法である。

【0 1 3 4】

実際には、軌道状の点 A から B までの全てのソースからのビームを使って、図 8、図 9 で使用したのと同じ方法により、図の「平行ビームの作成領域」の部分で図に直交する平行ビーム群を算出できる。図 2 0 (a) の状況を、図 2 0 (b) 及び (c) として模式的に表すことにする。

【0 1 3 5】

図 2 1 は、点線内の部分が上記実施例 3 までで詳述した「ハーフ」再構成の部分をあらわす。図 2 1 中の一番下の円内の図形は、斜断面を決めるソースの接線付近ではファンビームを用いることを示している。ほぼ 90° 異なる方向までは「対向ビームを用いる」。この部分はデータも対称的に用いており、実際には、この図中の 3 時の方向と 9 時の方向の 2 つのデータは、同じものを表している。繰り返しになるが、ここの部分、図の点線で囲んだ部分は、ハーフ再構成となる。さらに回転した方向については、図 2 0 (a) ~ (c) に示す方法によって、平行ビームを作成する。こうすることによって、360 度分のデータを得ることができ、フルの再構成に拡張できる。

【0 1 3 6】

〔変形例〕

実際の装置では、寝台の移動方向は、CT 架台に挿入する方向、引き出す方向の双方向で使用する可能性がある。またソースの回転方向自体も逆回転含めて 2 通りが考えられる。この場合、被検体に対するソースの相対的な螺旋運動は鏡像対称であり、上記のデータ処理（近似投影データの作成、逆投影演算の座標など）すべて鏡像対称となる。これへの対応を持つ事も当然必要である。

【0 1 3 7】

さらに、天板が往復運動をした場合にも本法を適用することができる。例えば

ダイナミックスキャンなどで繰り返し撮影する場合には、天板移動の折り返しの段階で、ヘリカルピッチが徐々に落ちて一旦静止、今度は逆向きに天板が動くなどした場合にはここまでの実施例とは異なる動きになるが、軌道接線に沿った面のファンビームと、対向ビームの生成、両者の一方または両方を用いた画像再構成という考え方は、同じように適用できる。

【 0 1 3 8 】

また、本法とシフト機構を併用することによって、空間分解能を向上させる事ができる。例えば、ソースの回転半径を上述の例の 6 0 0 m m を $2/3$ の 4 0 0 m m になるように「シフト」させたとしよう。本法においては、これに連動してソース 1 回転あたりの寝台の移動量も 1 5 m m から $2/3$ の 1 0 m m に、スライス厚みも $2/3$ とさせる。必ずしも連動させる必要はないが、スライス方向含めて全体的に分解能を向上させるのが最も効率がよい。

【 0 1 3 9 】

(その他の実施例)

(1) 画像再構成とボリュームデータの算出・データ処理

上記ヘリカル斜断面再構成法では、再構成の座標系は、 z 方向に垂直な x 軸、 y 軸について再構成を行えばよかった。再構成面は、わずかに傾きを持つが、これを z 方向から眺めた画像になった。本願発明でも、パラレルビームの算出座標を気をつけてとれば、仮想平面内の 2 次元座標を取り直す必要性がなくできる。

【 0 1 4 0 】

ここまでは、単一スライスの取得について述べてきた。連続する「隣接面」を作成するには近似する「半螺旋」の位置を少しずらしてやればよい。例えば、ソース 1 回転の間に 8 スライス分が欲しい場合には $360 \text{ 度} / 8 = 45 \text{ 度}$ ずつ近似螺旋の位置をずらして仮想平面を設定し、順次画像を取得すればよい。このあたりの処理は従来のヘリカル斜断面再構成法と同様にできる。

【 0 1 4 1 】

得られた一連の画像は非平行なので、互いに平行な断面や、曲断面変換像を含む断面変換像やなど、任意の 2 次元像を切り出す必要がある。このあたりのデータ処理は従来法と同様にできる。

【 0 1 4 2 】

(2) 本明細書のジオメトリ

本明細書の説明では、ソースの回転半径とヘリカルピッチをともに1として種々の算出を行っているので、実際の条件とは少し異なる面がある。例えば、高々16列や32列のヘリカルピッチがソースの回転半径よりもずっと小さい場合には、計算による算出値が上記とは異なってくる。しかしながら、本方式は同様な手続きで適用できる。

【 0 1 4 3 】

(3) 理論的な中間データ

また、理論的な厳密解算出のアルゴリズムはデータ処理上も今後さらに改善あるいは整備されていくものと思われるが、本法で注目しているソースの軌道接線に沿った再構成面は、その接線付近の投影ビームデータが非常に良好な近似データとなっているという特長を持っている。本法では、これを最大限に活用しており、とくに動きのある生体を被検体とする医用画像診断装置においては有用性が高いと考えられる。

【 0 1 4 4 】

また、厳密解も、本明細書で示した幾何学的な方式でない数学的に等価ものが種々あろう。本明細書では、Schaller等の方式に基づいた中間データを一例として示したが、今後の理論の発展によって異なった表現で記述されることもあろう。本法の適用にあたっては種々の変形手法が考えられることになる。しかしながら、本願の主旨は、収集したコーンビームデータと別の中間算出データを組み合わせて画像再構成を行う点にある。

【 0 1 4 5 】

以上、現在一部実用化が始まった3次元CT、特にコーンビームジオメトリの3DヘリカルCTにおいて、さらに高精度で、できるだけ必要十分なデータのみを用いた実際的な手法を提案した。

【 0 1 4 6 】

なお、本発明は、代表的に例示した上述の実施例及び変形例に限定されるものではなく、当業者であれば、特許請求の範囲の記載内容に基づき、その要旨を逸

脱しない範囲内で種々の態様に変形、変更することができる。これらの変更、変形例も本発明の権利範囲に属するものである。

【 0 1 4 7 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、実用的で且つ精度の高い画像再構成法に加え、その画像再構成法の機能を有する 3 次元 C T システムを提供できる。すなわち、2 次元アレイ検出器を持つヘリカル C T におけるヘリカル斜断面再構成法において、従来法よりも近似精度を高めて画像を得ることができ、3 次元画像を高速に且つ従来法よりも少ないアーチファクトで取得することができる。これにより、3 次元 C T 画像の分解能、解像度が向上し、また C T 画像の信号値の歪みが小さくなるといった 2 次的な効果も得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態のハイブリッド再構成の基本概念を示す図。

【図 2】

本発明の実施形態にかかわる C T 装置の構成図で、(a) は、全体の構成図を、(b) は、ハイブリッド再構成装置のブロック図。

【図 3】

3 D ヘリカルスキャンにおける X 線源の螺旋軌道と 2 次元検出器の配置を示す図。

【図 4】

半螺旋軌道とヘリカル斜断面を示す図。

【図 5】

連続的に再構成した斜断面群を示す図。

【図 6】

平行ビーム作成の視線方向の説明図。

【図 7】

平行ビーム作成領域の説明図で、(a) は、視線方向から見たソースの軌跡とコーンパラレル変換領域、(b) は、ソースの軌跡を上から見た図、(c) は、

コーンパラレル変換領域を下方から観察した図。

【図 8】

コーンビームからパラレルビームを生成するコーンパラレル変換の説明図。

【図 9】

コーンパラレル変換を視線角を変えながら順次作成した様子を示した図。

【図 1 0】

(a) は、ハイブリッド再構成の処理手順の全体を示す処理フロー図、(b) は、詳細を示す処理フロー図。

【図 1 1】

図 1 0 (a) に示す斜断面のハイブリッド再構成処理で、ファンパラ変換を行わない場合を示す処理フロー図。

【図 1 2】

実施例 1 ($\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ 度) の場合で、(a) は、視線方向から見たソース軌道。ソースが 5 度おきに動いた様子をプロットした図、(b) は、誤差の見積もりを示す図。

【図 1 3】

実施例 1 ($\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ 度) の場合で、(a) は、パラレルビームの生成可能範囲と近似データを示す図、(b) は、誤差の見積もりを示す図。

【図 1 4】

実施例 1 ($\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ 度) の場合で、ファンビームとパラレルビームの存在範囲 (算出可能範囲) を示す図。

【図 1 5】

図 1 4 に示す実施例 1 ($\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ 度) のファンデータとパラレルデータのそれぞれの再構成を行う際の重み付け関数の一例を示す図。

【図 1 6】

従来例 ($\kappa = \kappa' = 15.3$ 度) の場合で、視線方向から見たソース軌道を図 1 2 と同じスケールで表示した図。

【図 1 7】

実施例 2 ($\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ 度、 $\kappa'' = 8$ 度) の場合で、(a) は、平行ビームの生成可能範囲と近似データを示す図、(b) は、誤差の見積もりを示す図。

【図 1 8】

実施例 2 ($\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ 度、 $\kappa'' = 8$ 度) の場合で、ファンビームと平行ビームの存在範囲を示す図。

【図 1 9】

本法に対し、TCOT法と同等の手法を併用した場合を説明する図で、(a) は平行ビーム群の説明図、(b) は、コーンビームの説明図。

【図 2 0】

(a) ~ (c) は、フル再構成に使う平行ビームデータを説明する図。

【図 2 1】

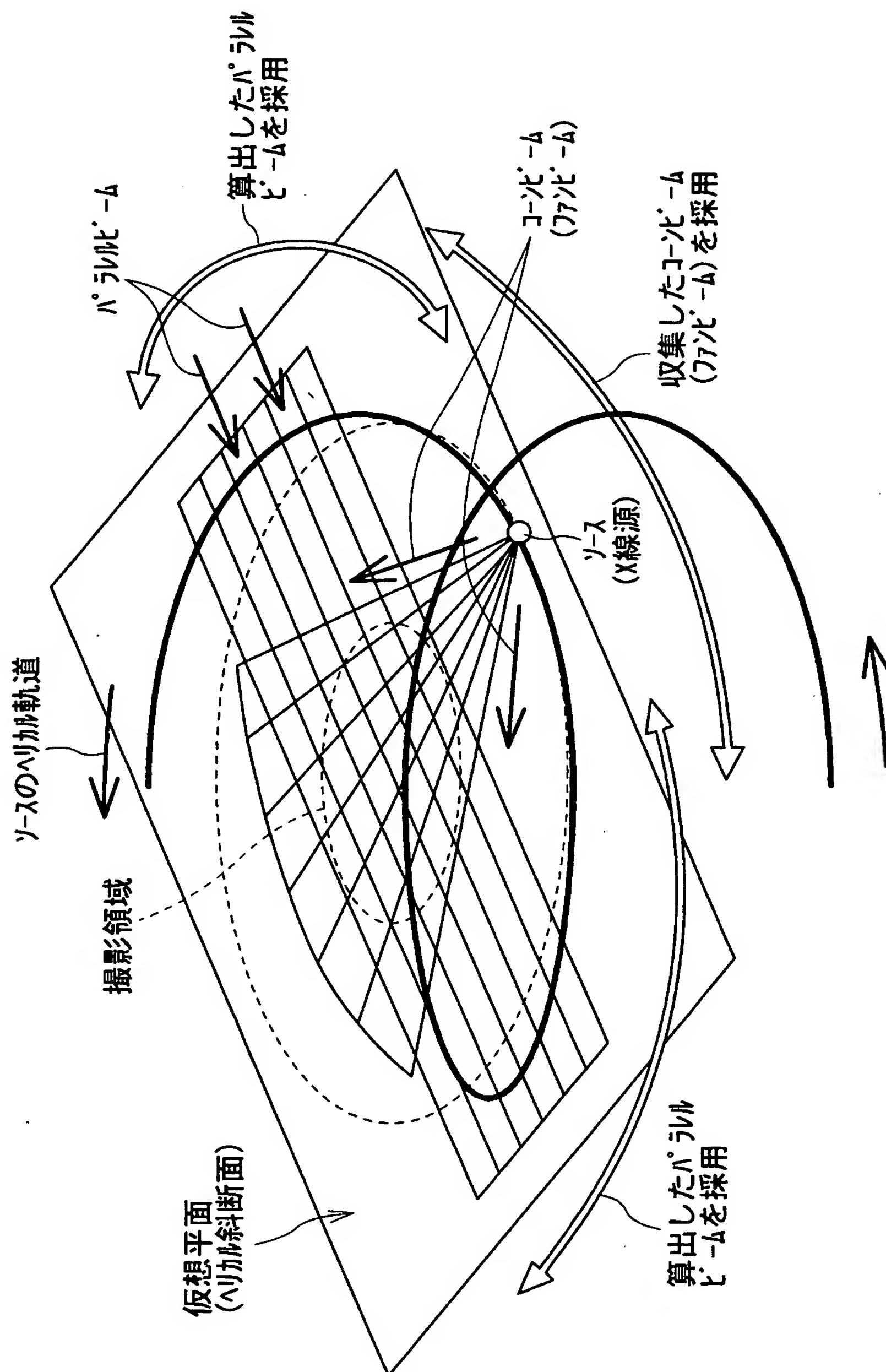
本法をフル再構成に拡張した例を説明する図。

【符号の説明】

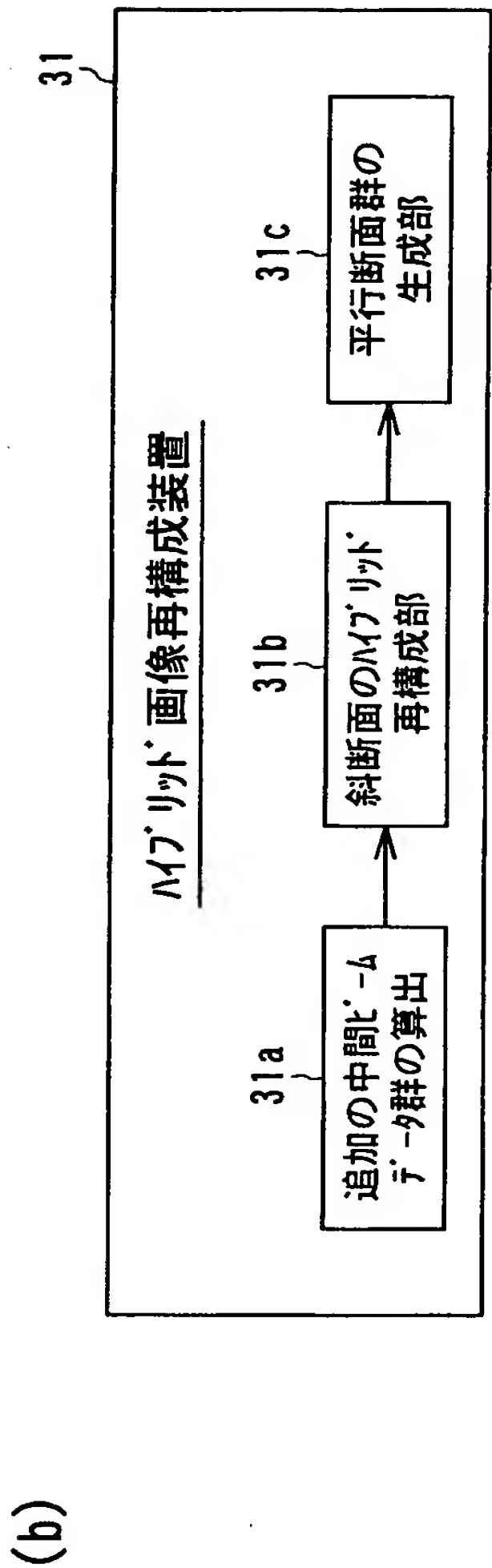
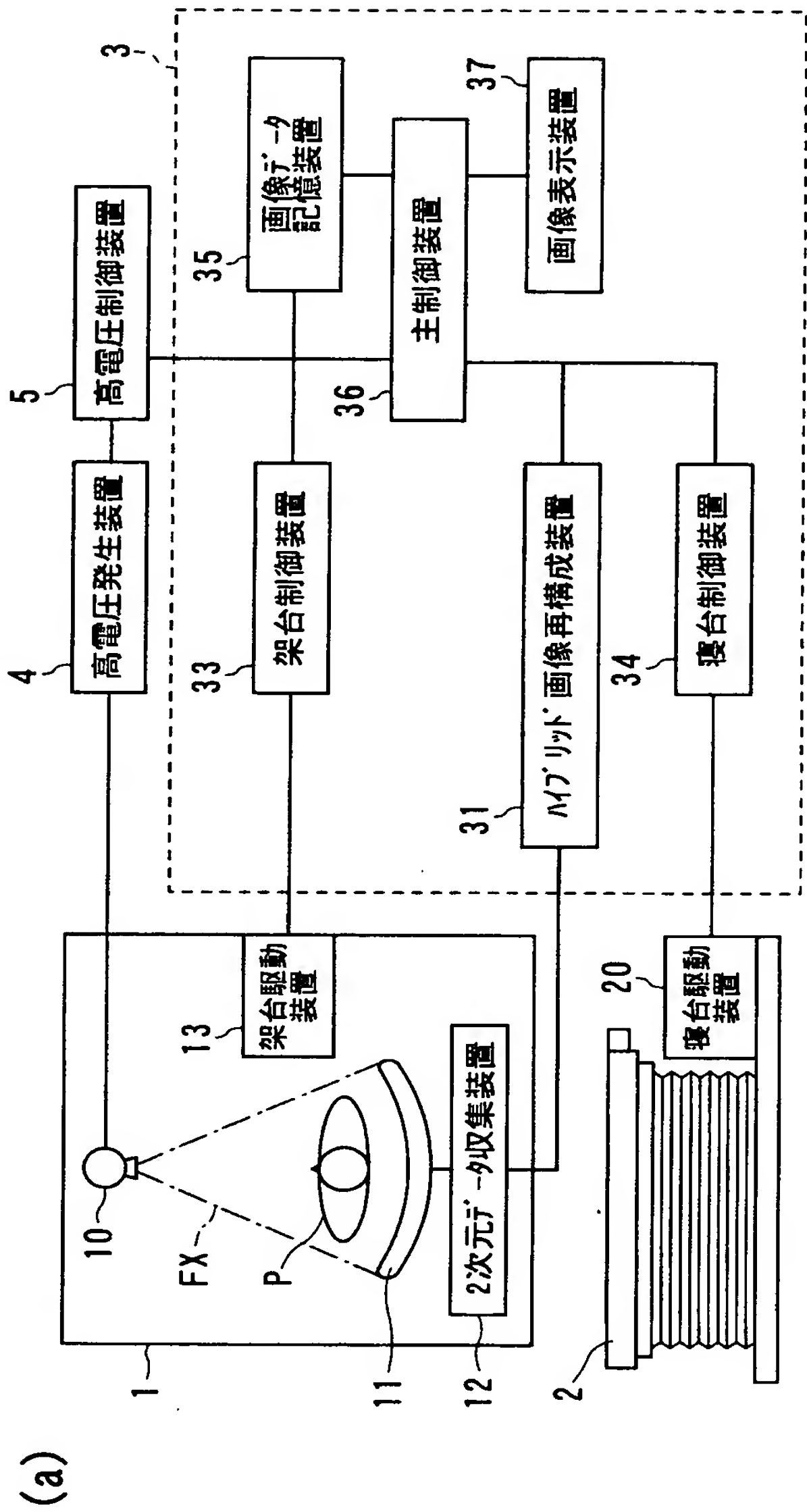
- 1 1 2次元長方形アレイ検出器
- 1 2 2次元データ収集装置
- 3 1 ハイブリッド画像再構成装置
- 3 1 a 追加の中間ビームデータ群の算出部
- 3 1 b 斜断面のハイブリッド再構成部
- 3 1 c 平行断面群の生成部

【書類名】 図面

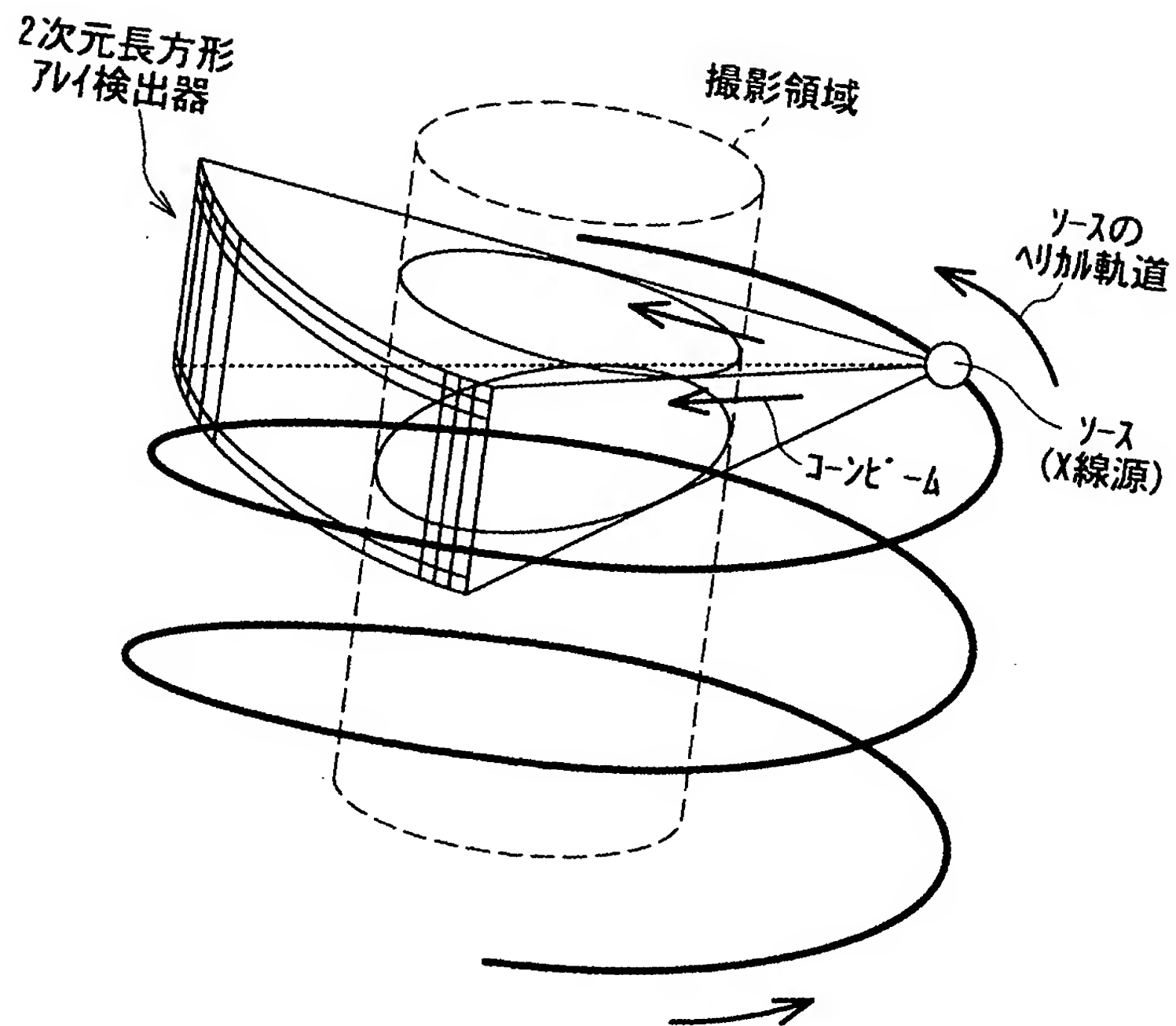
【図 1】



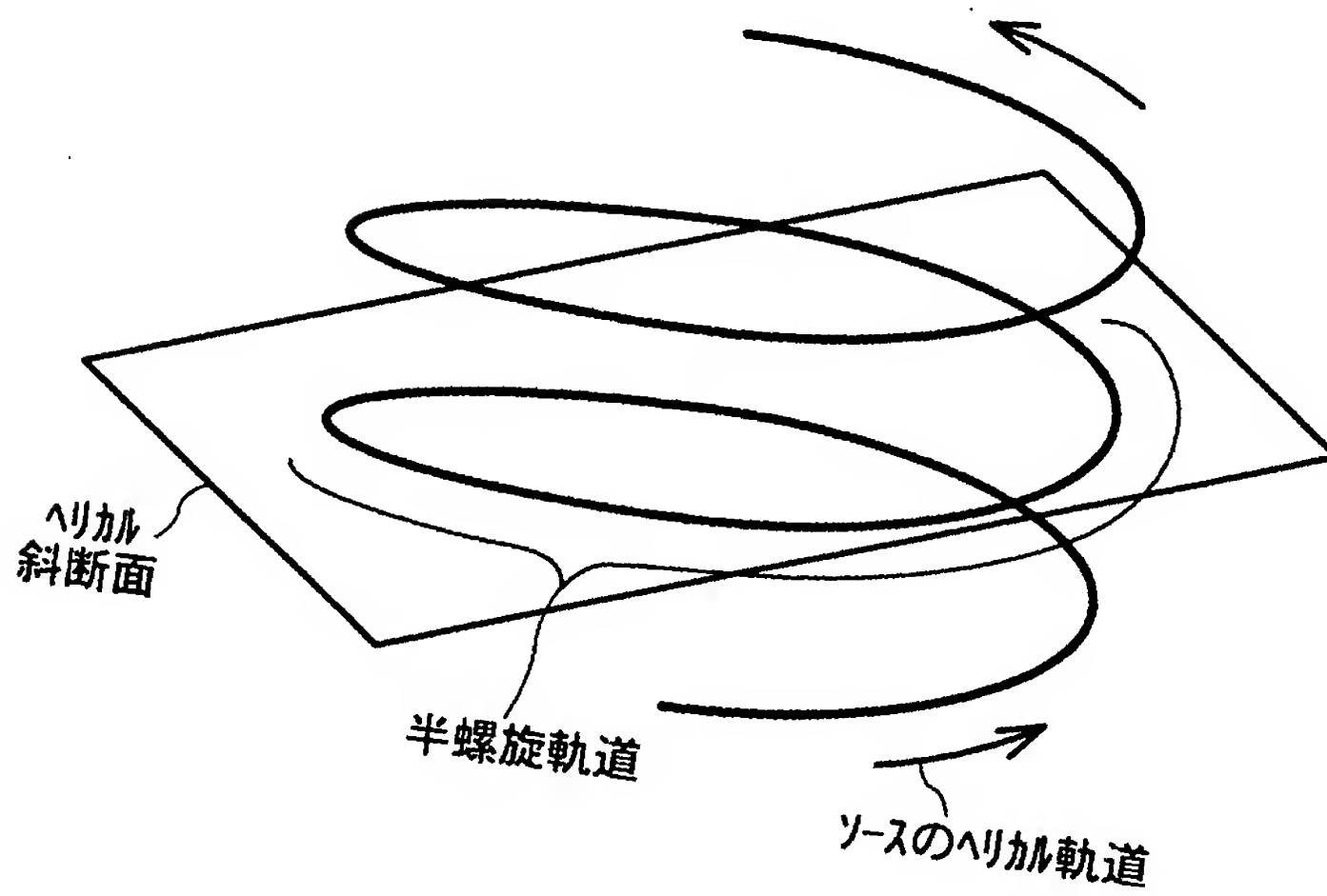
【図 2】



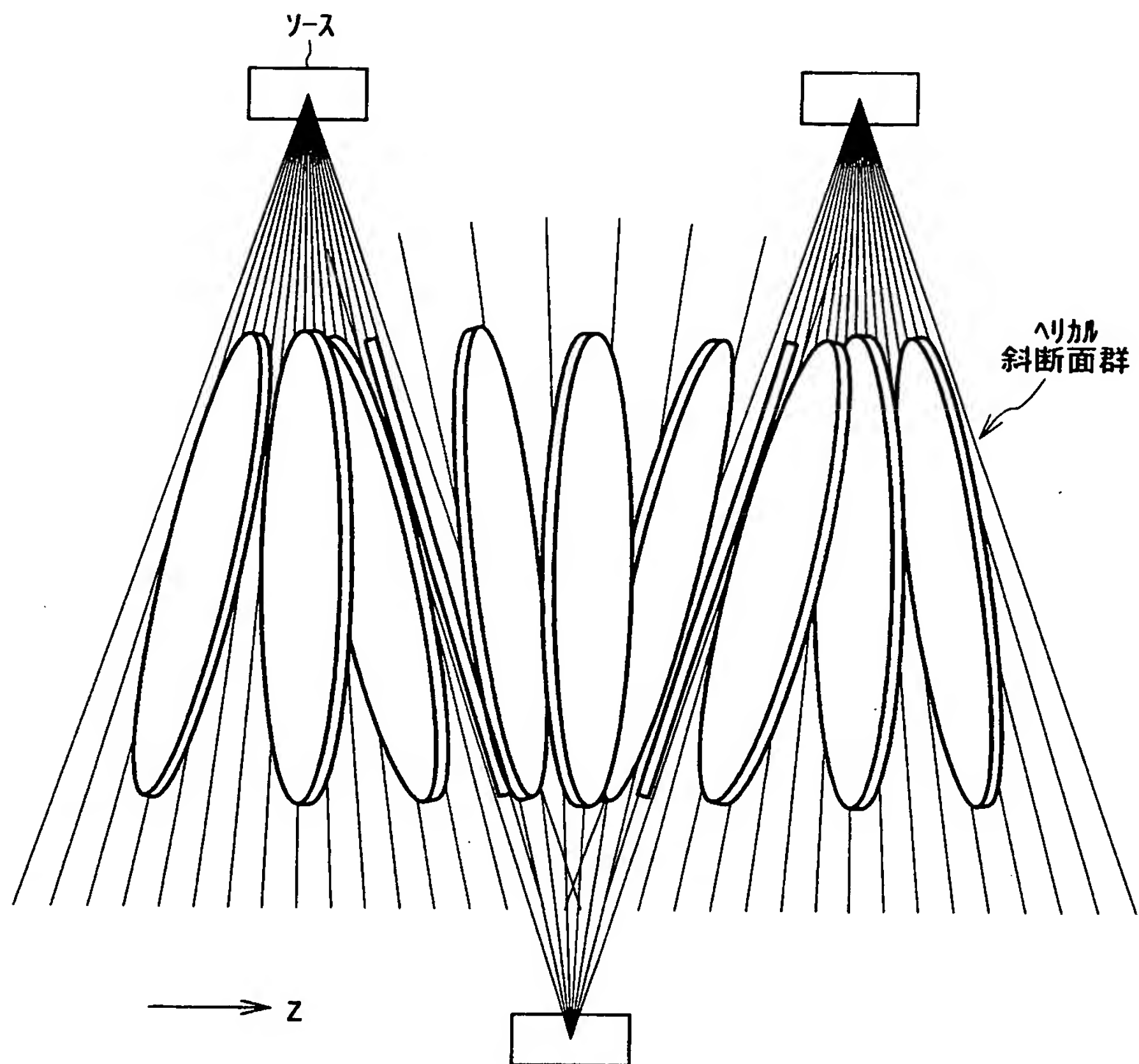
【図3】



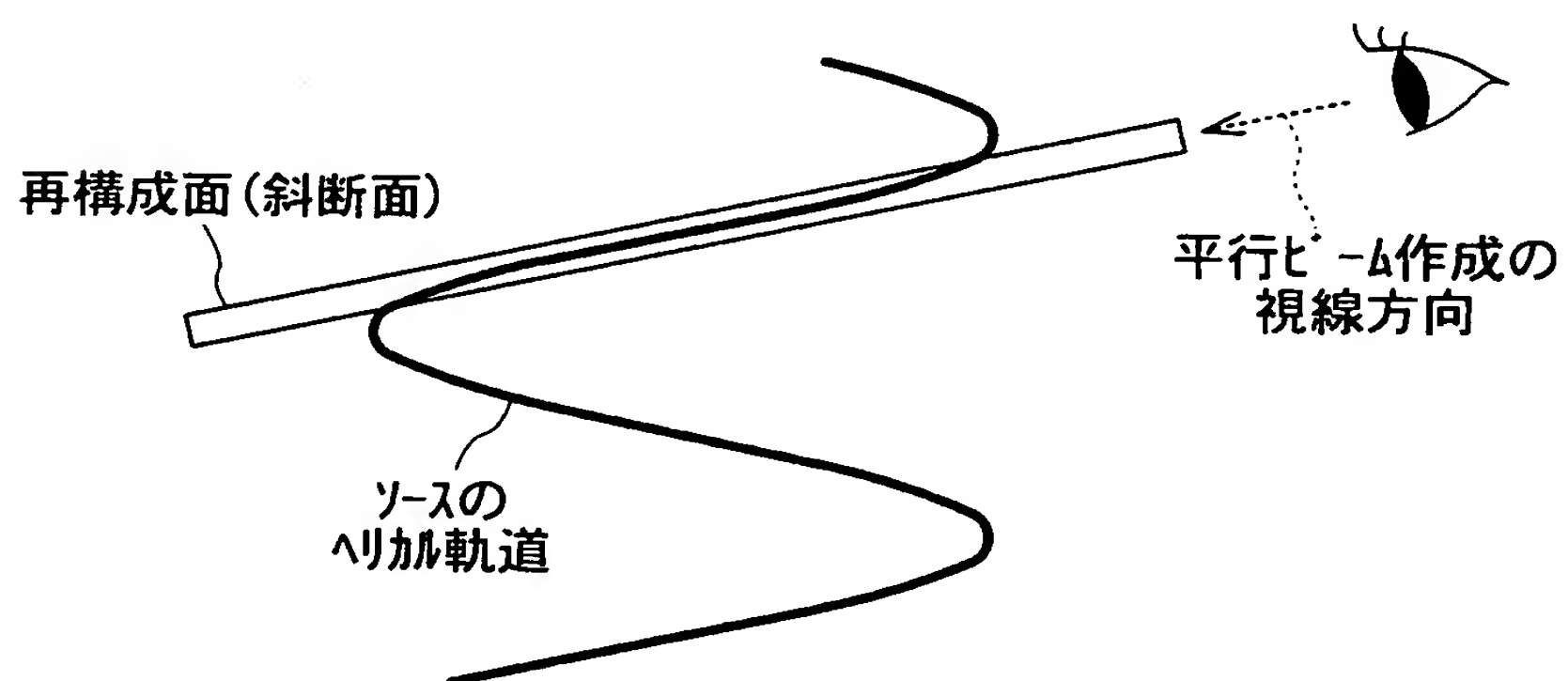
【図4】



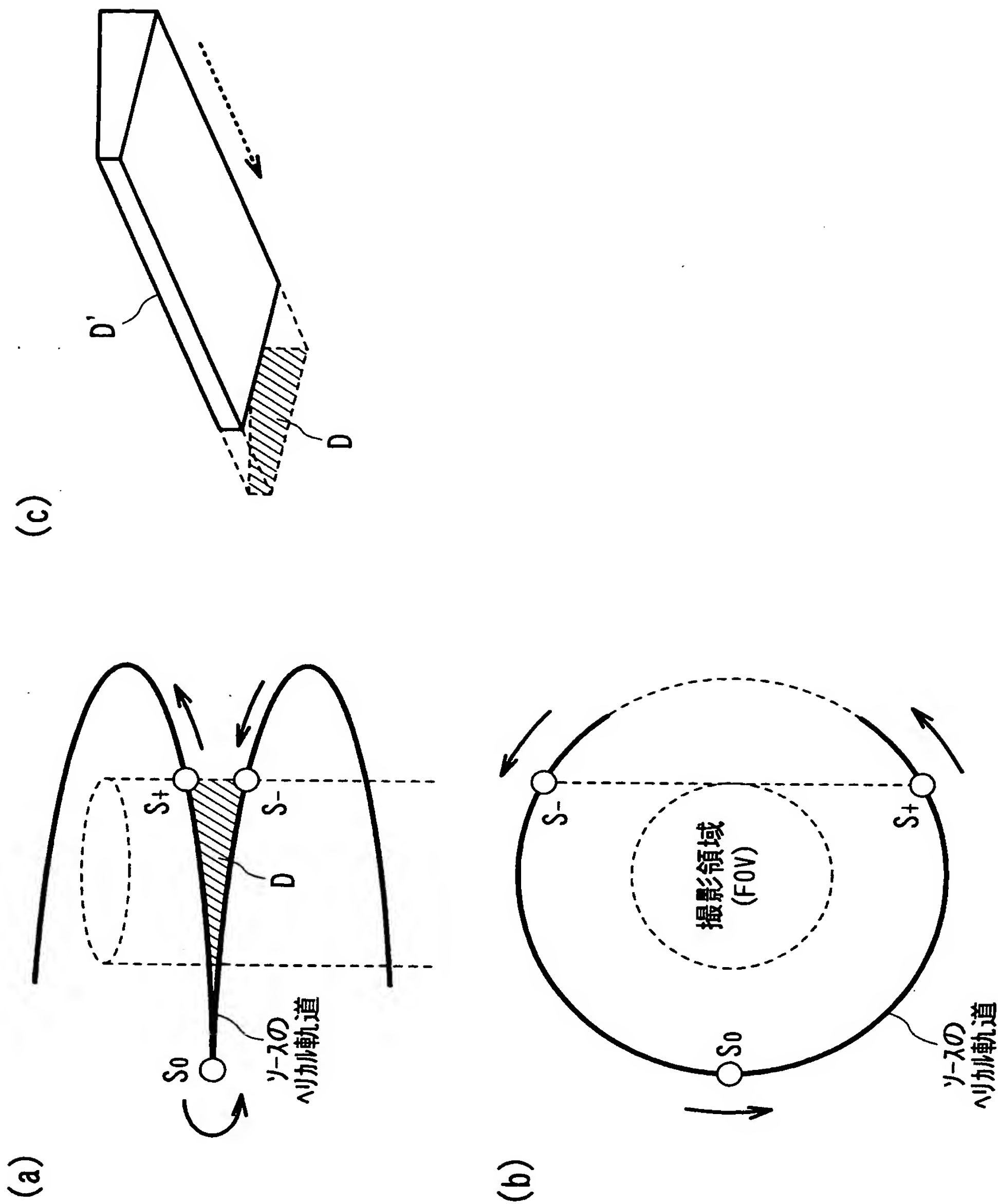
【図5】



【図6】

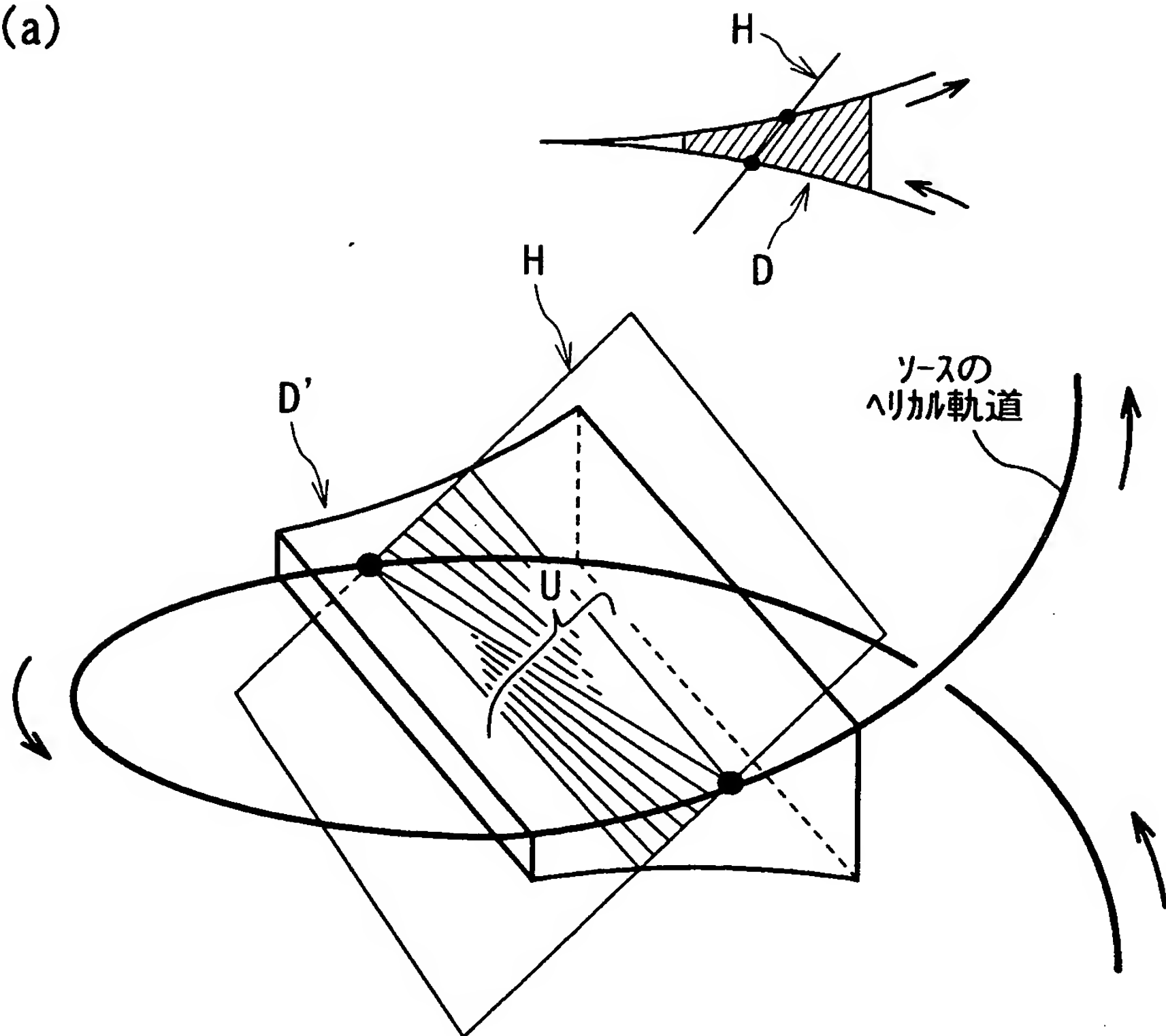


【図 7】

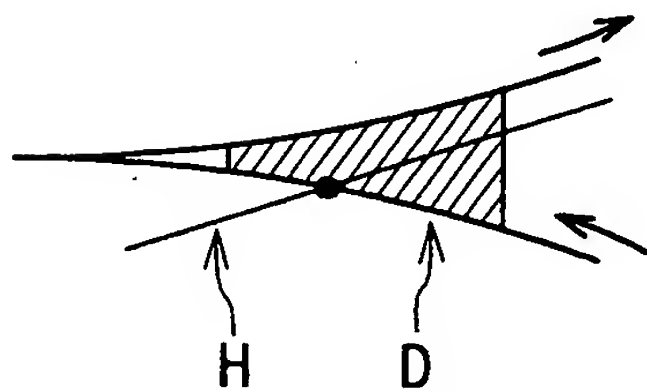


【図 8】

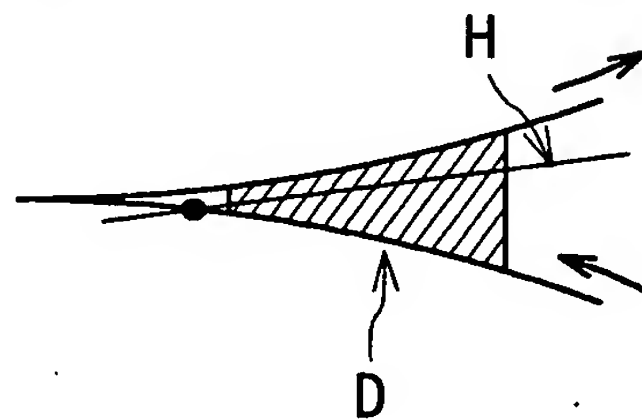
(a)



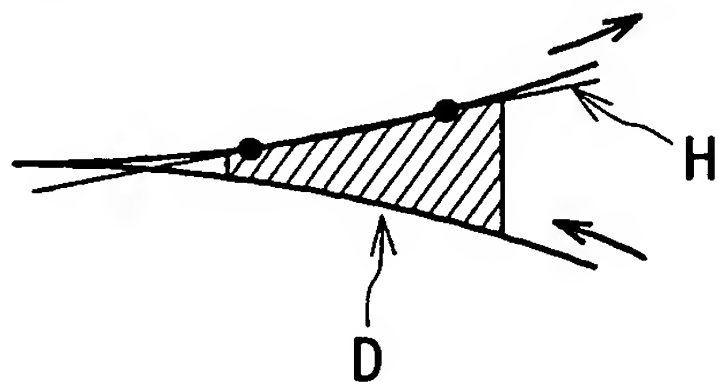
(b)



(c)

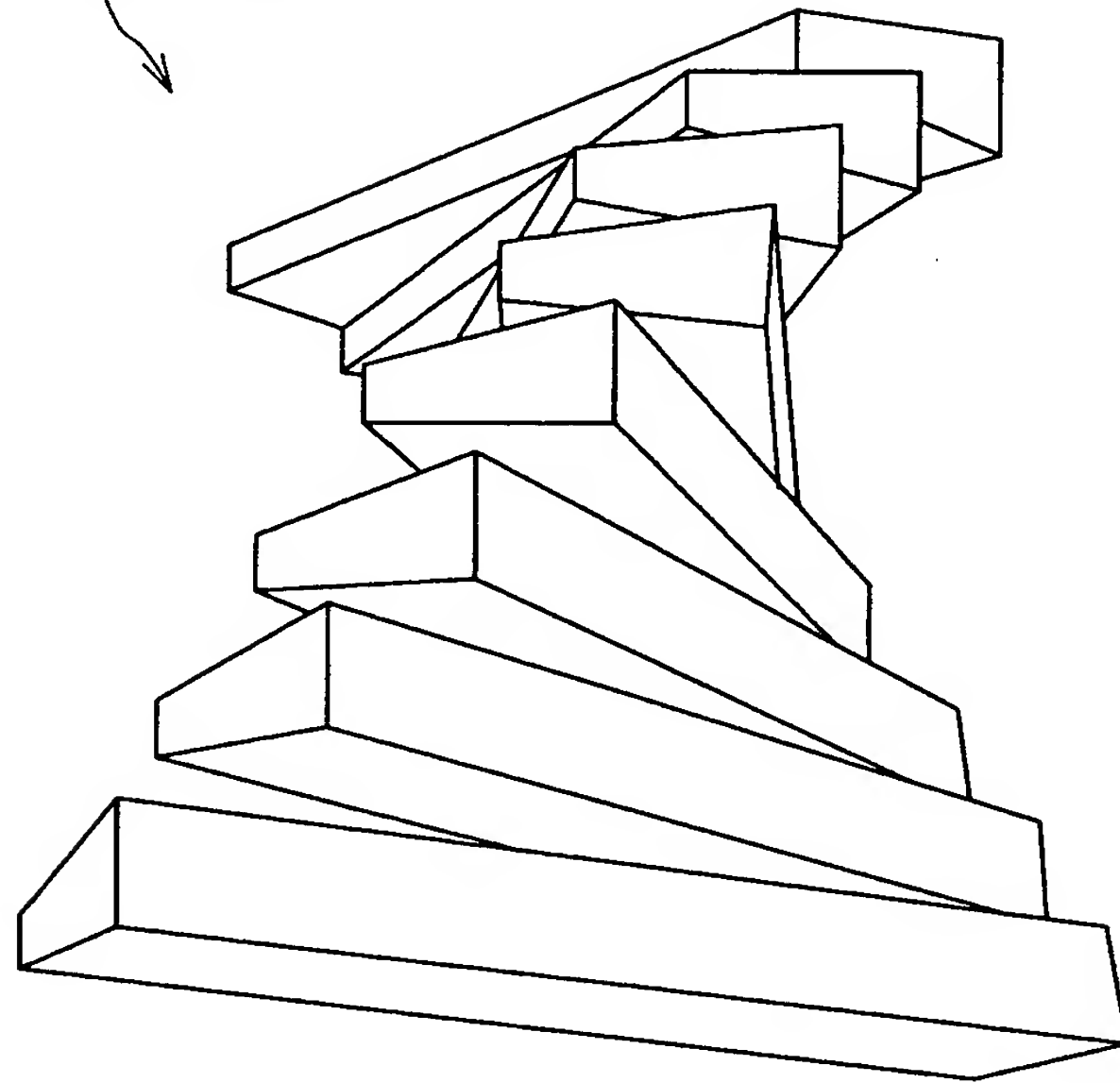


(d)



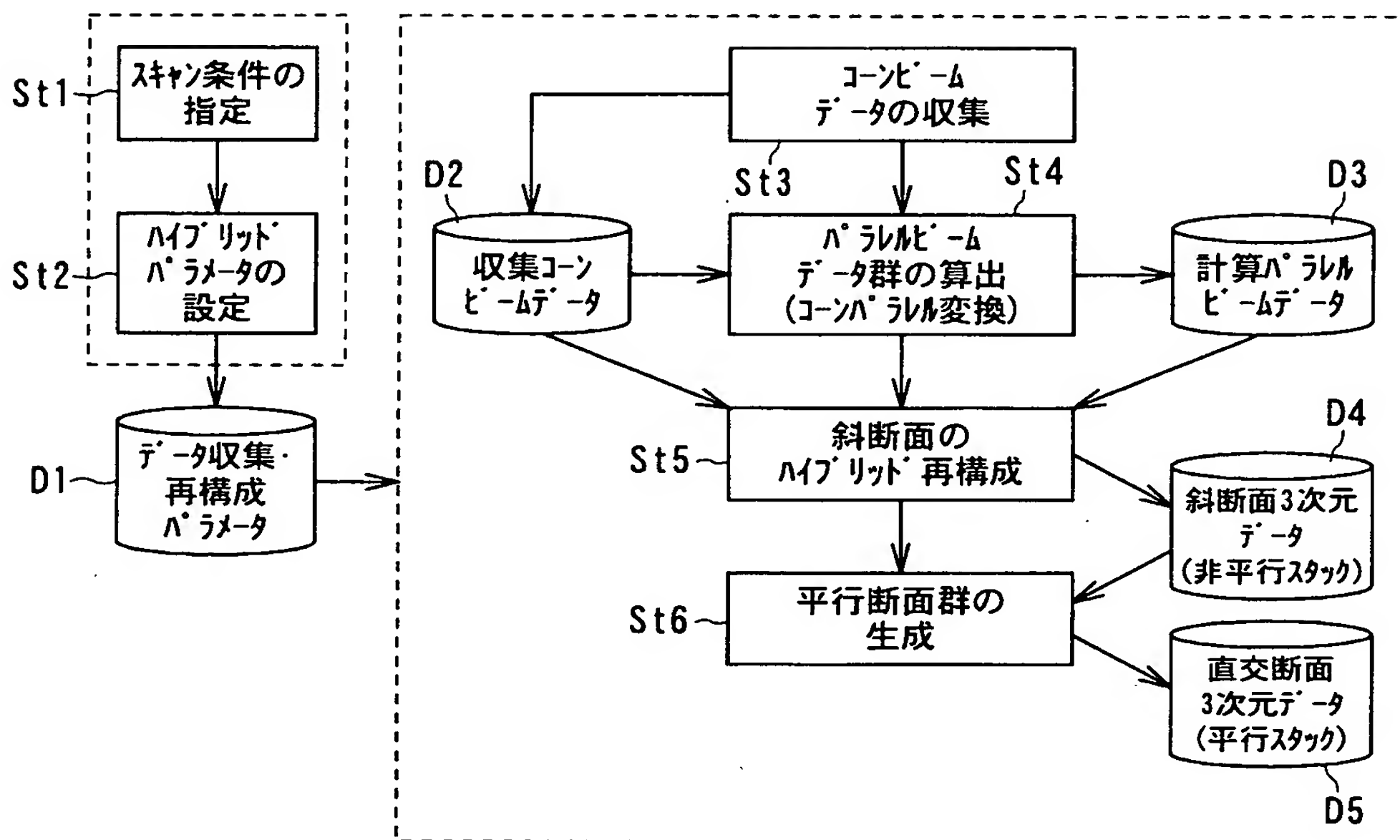
【図 9】

コ-ンパ°ラレル変換
によるパ°ラレルデ-タ群

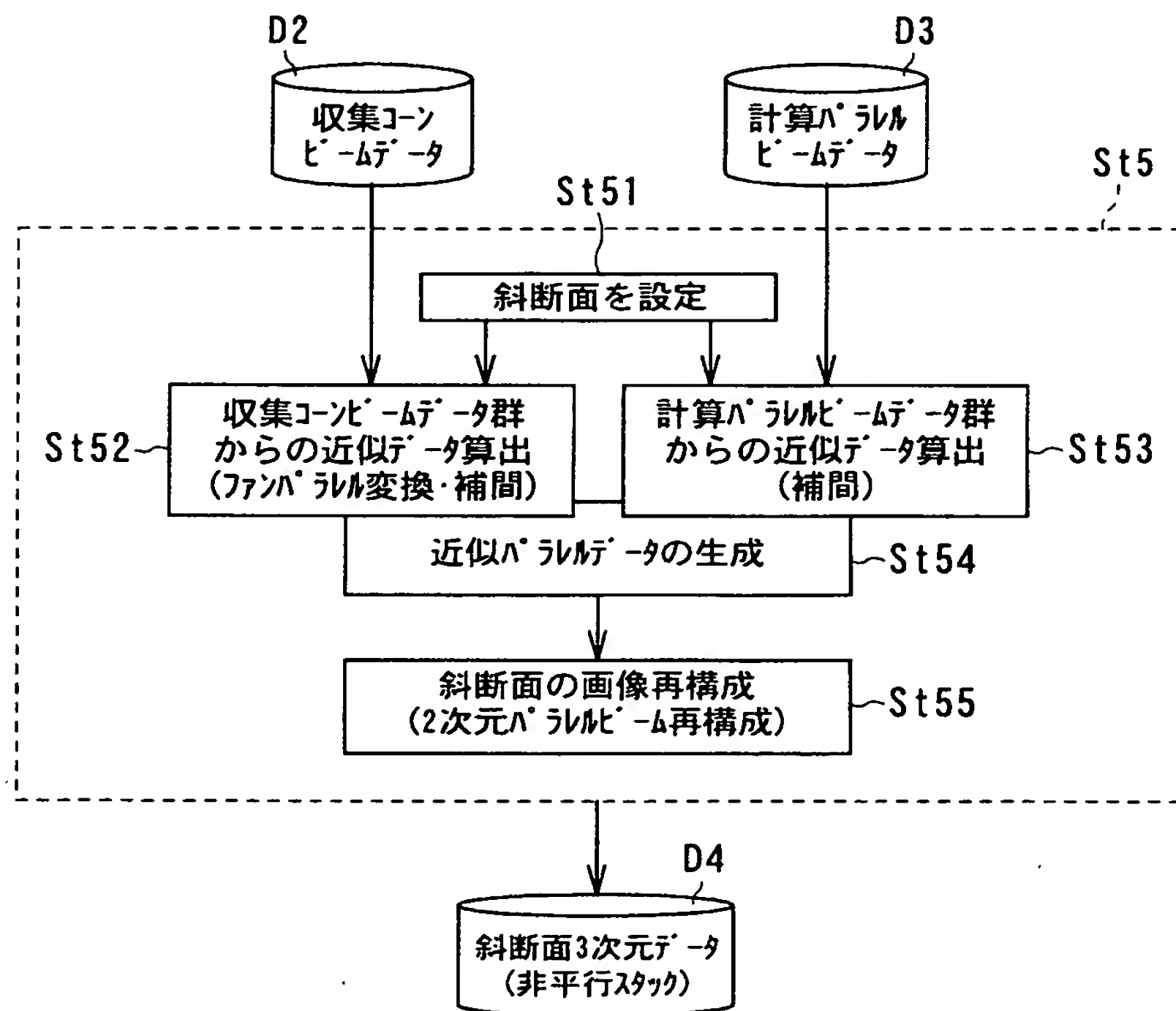


【図 1 0】

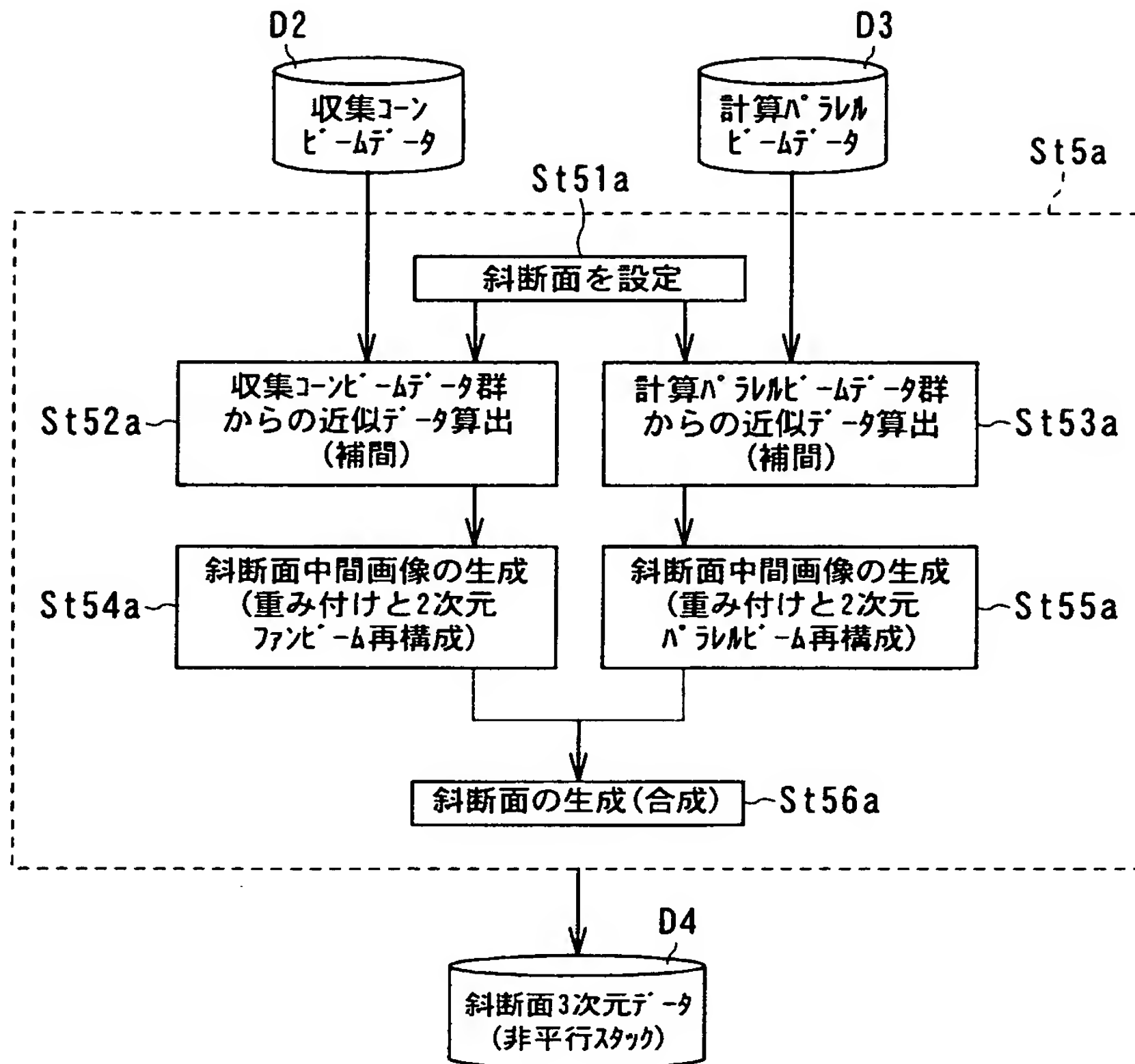
(a)



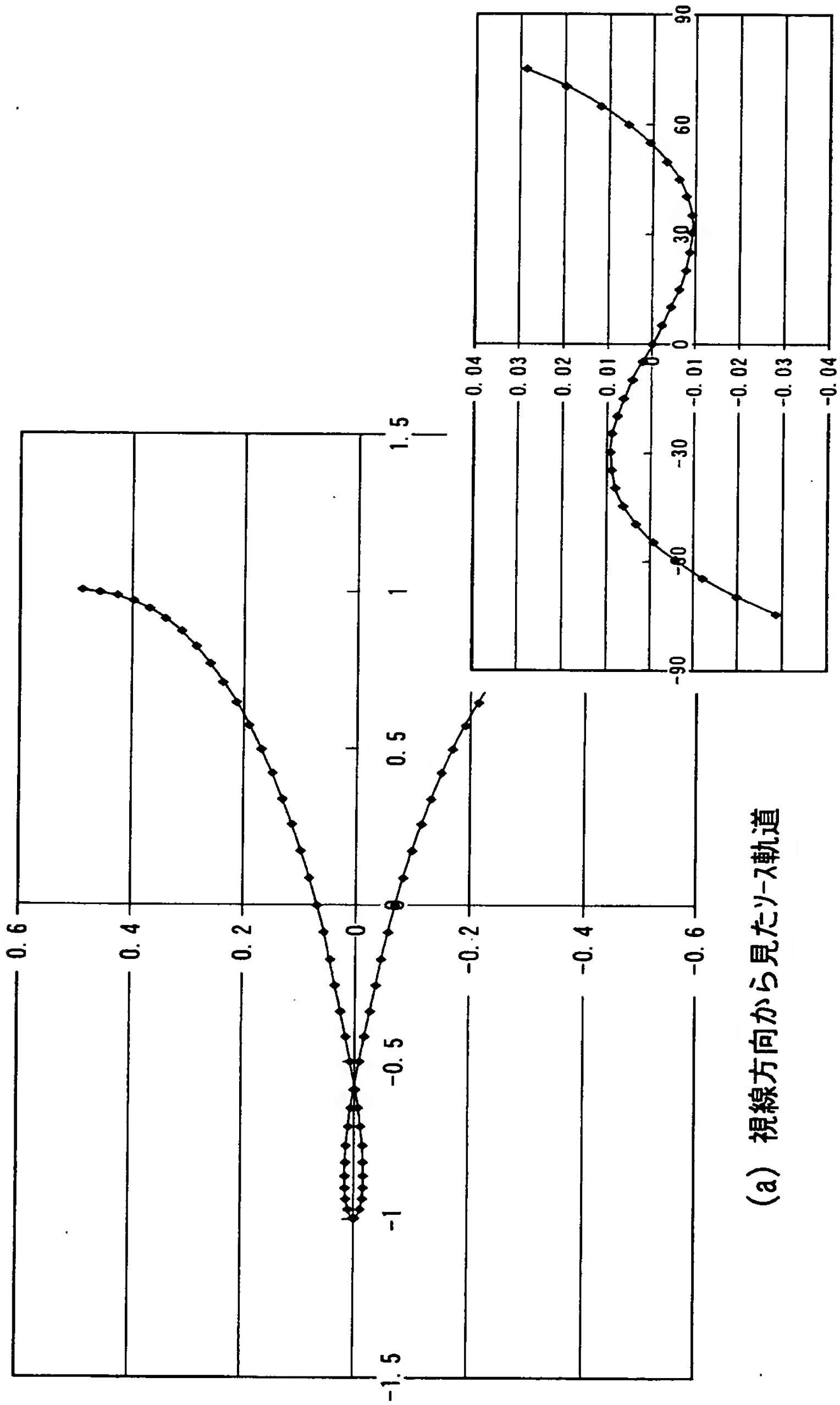
(b)



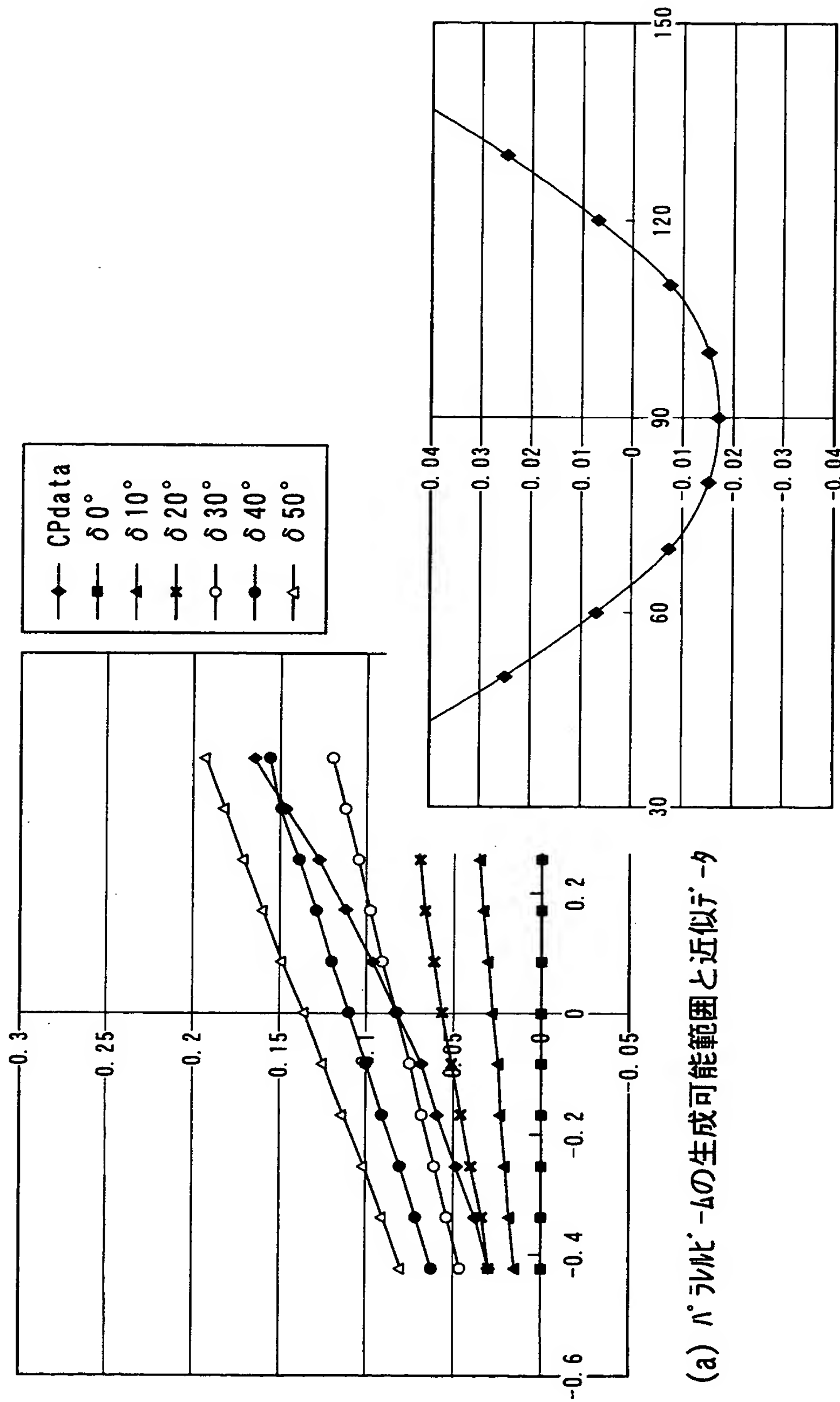
【図 1 1】



【図 1 2】



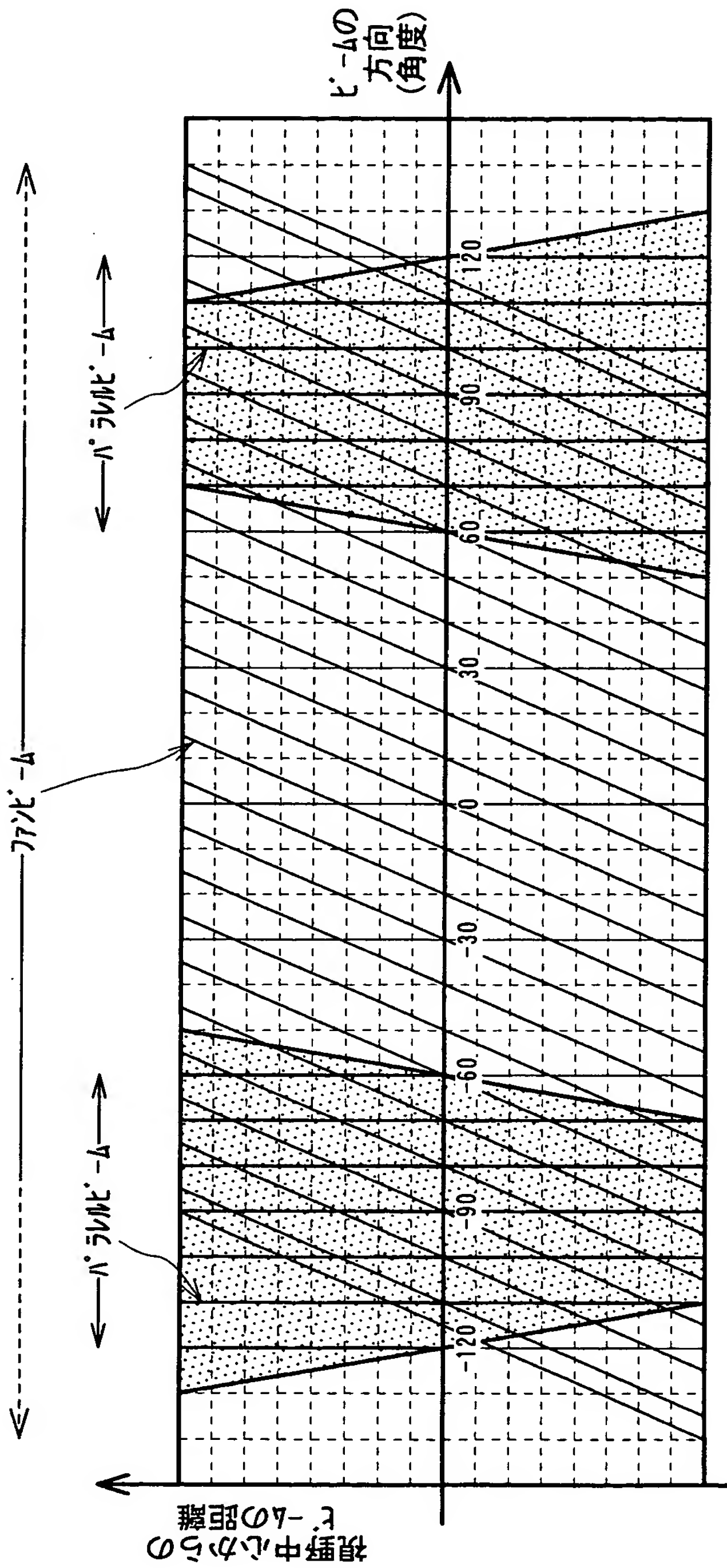
【図 1 3】



(b) 誤差の見積もり

(a) パラボリックの生成可能範囲と近似データ

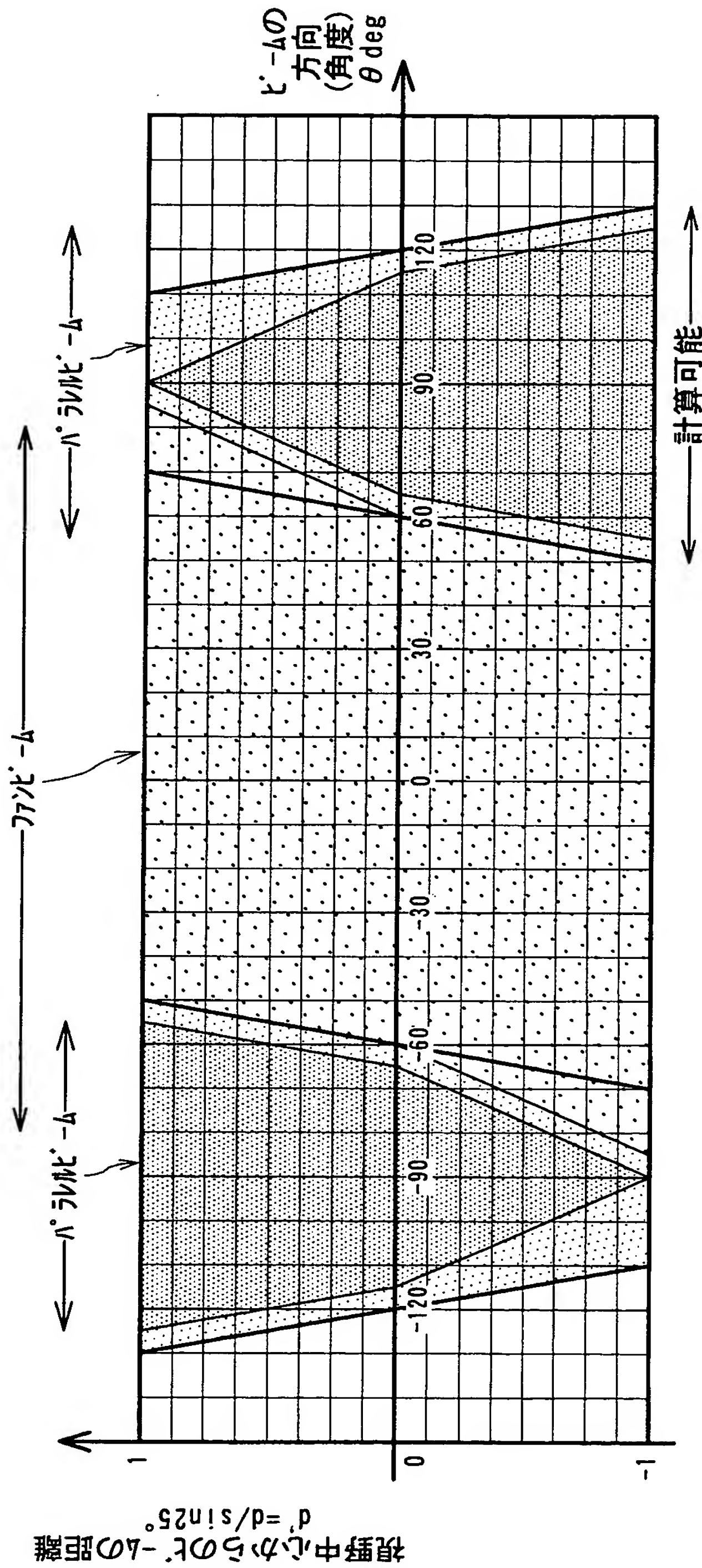
【図 1 4】



Δ と Δ の存在範囲を示す図

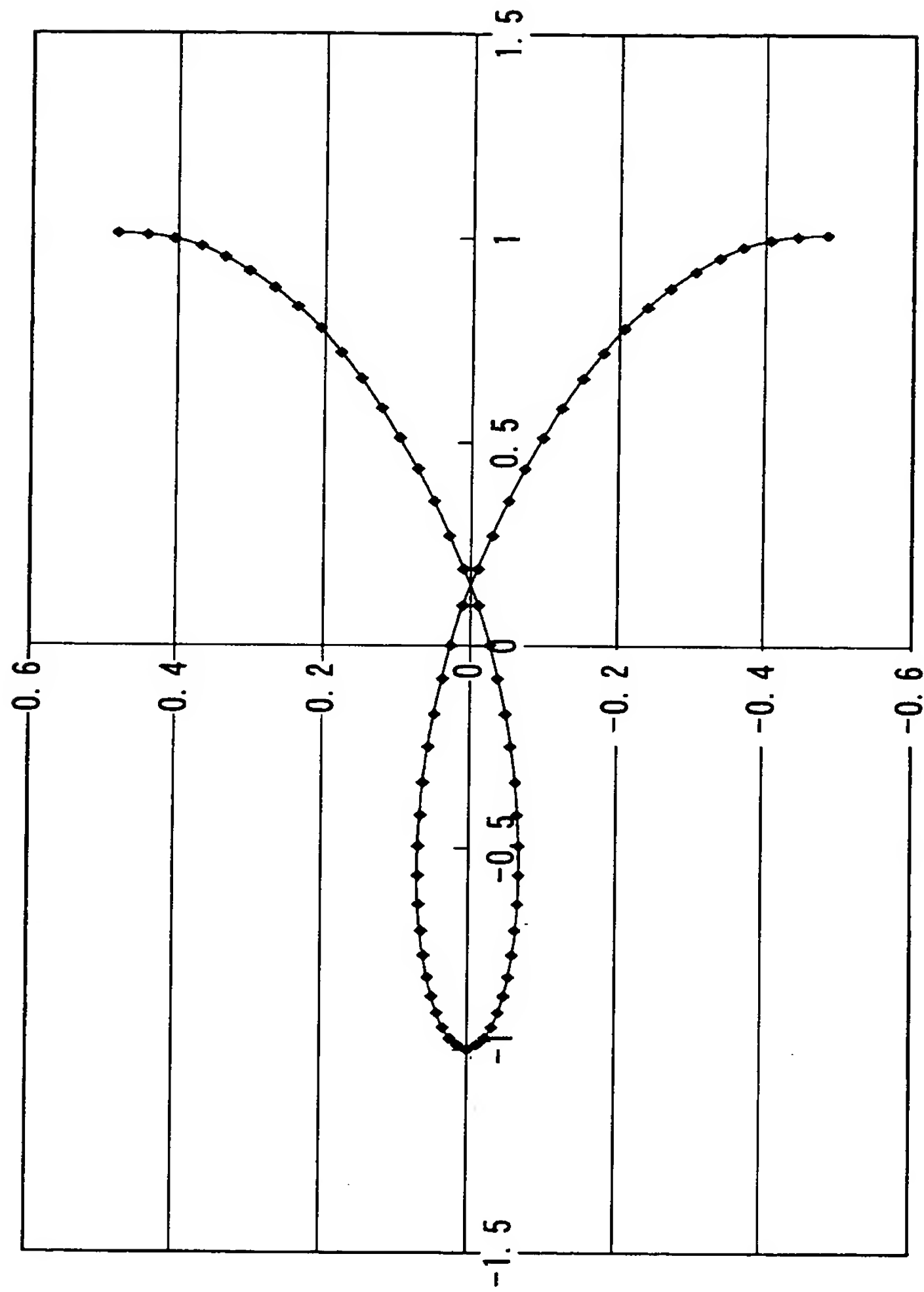
実施例 1 ($\kappa = 10.5$ 度、 $\kappa' = 9.5$ 度)

【図 1 5】



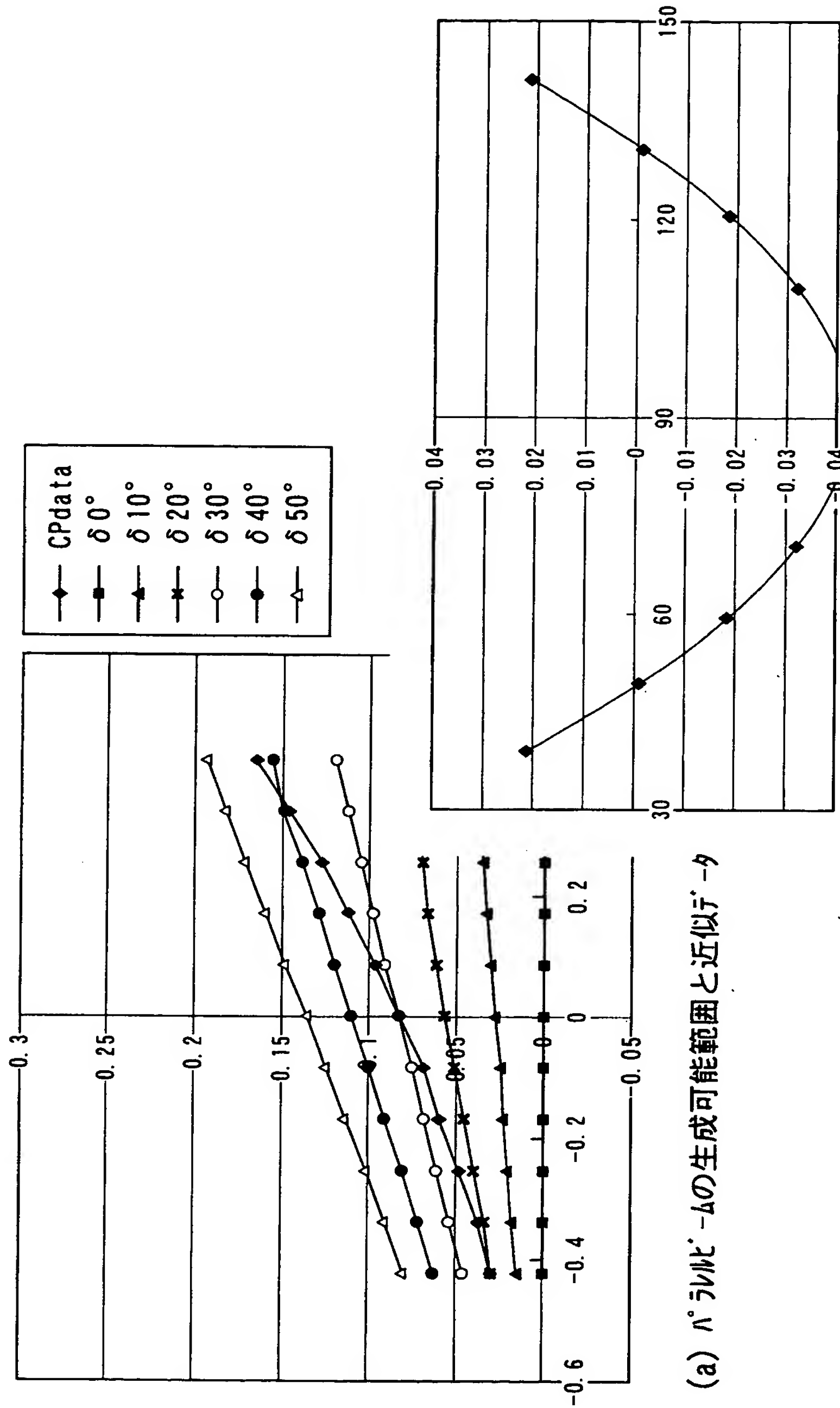
ファントムとパナソニックのそれぞれの
再構成を行う際の重み付け関数

【図 1 6】



視線方向から見たソース軌道
従来例 ($\kappa = \kappa' = 15.3$ 度)

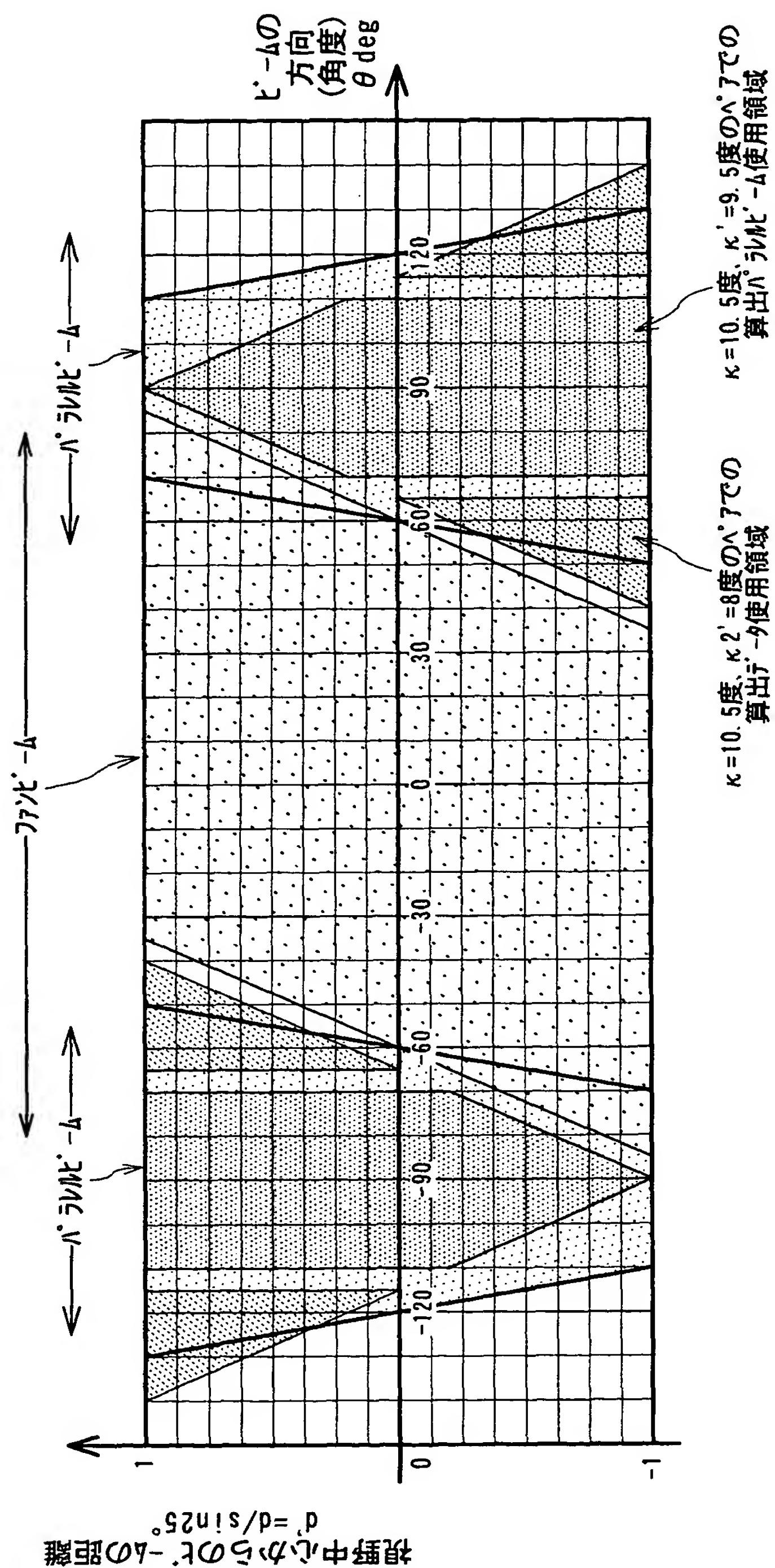
【図 1 7】



(b) 誤差の見積もり

(a) パラレルビ-ムの生成可能範囲と近似データ

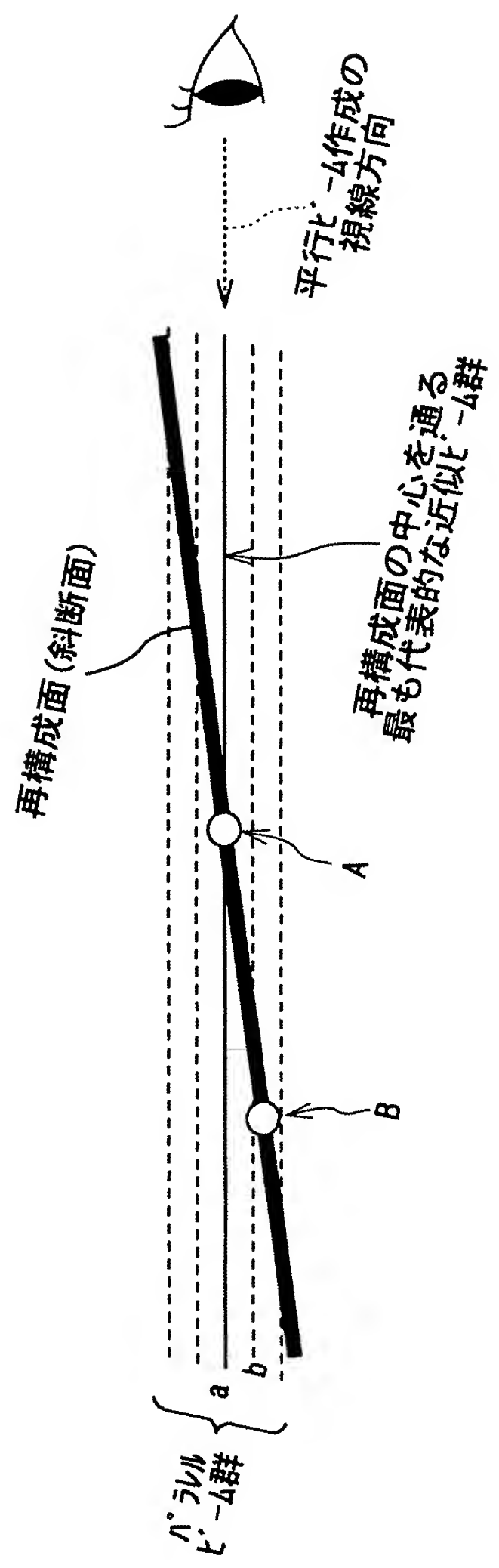
【图 18】



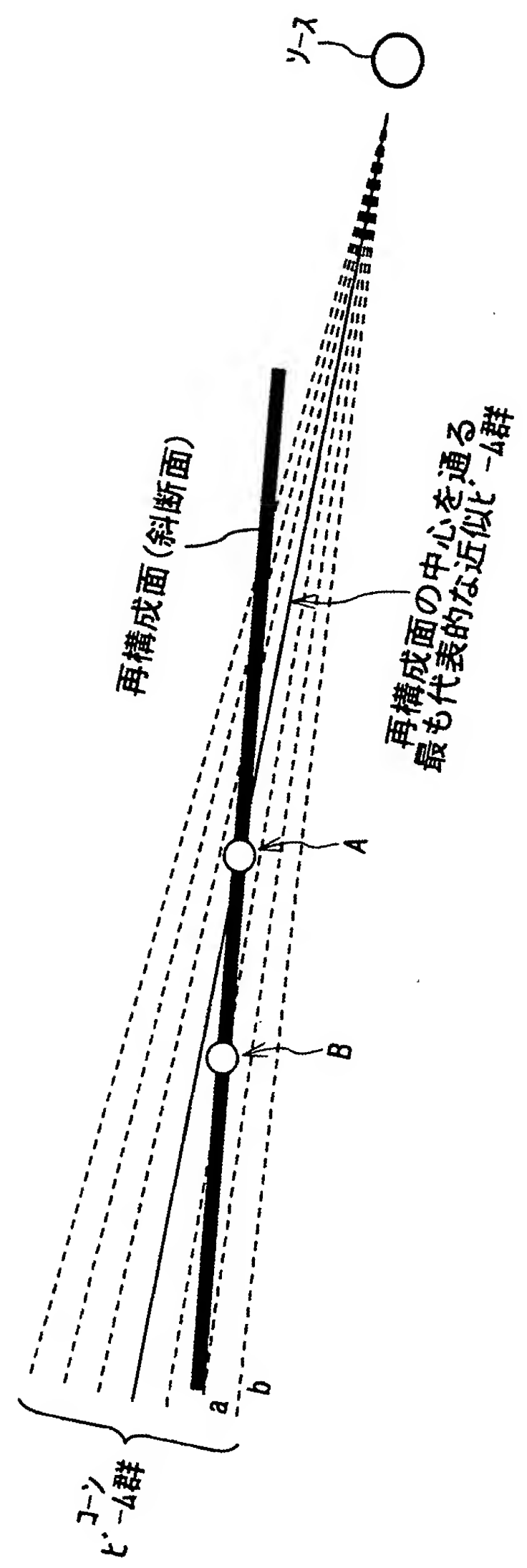
ファンデータとパレルデータ群の重み付け関数
実施例2 ($\kappa=10.5$ 度、 $\kappa'=9.5$ 度、 $\kappa''=8$ 度)

【図19】

(a)

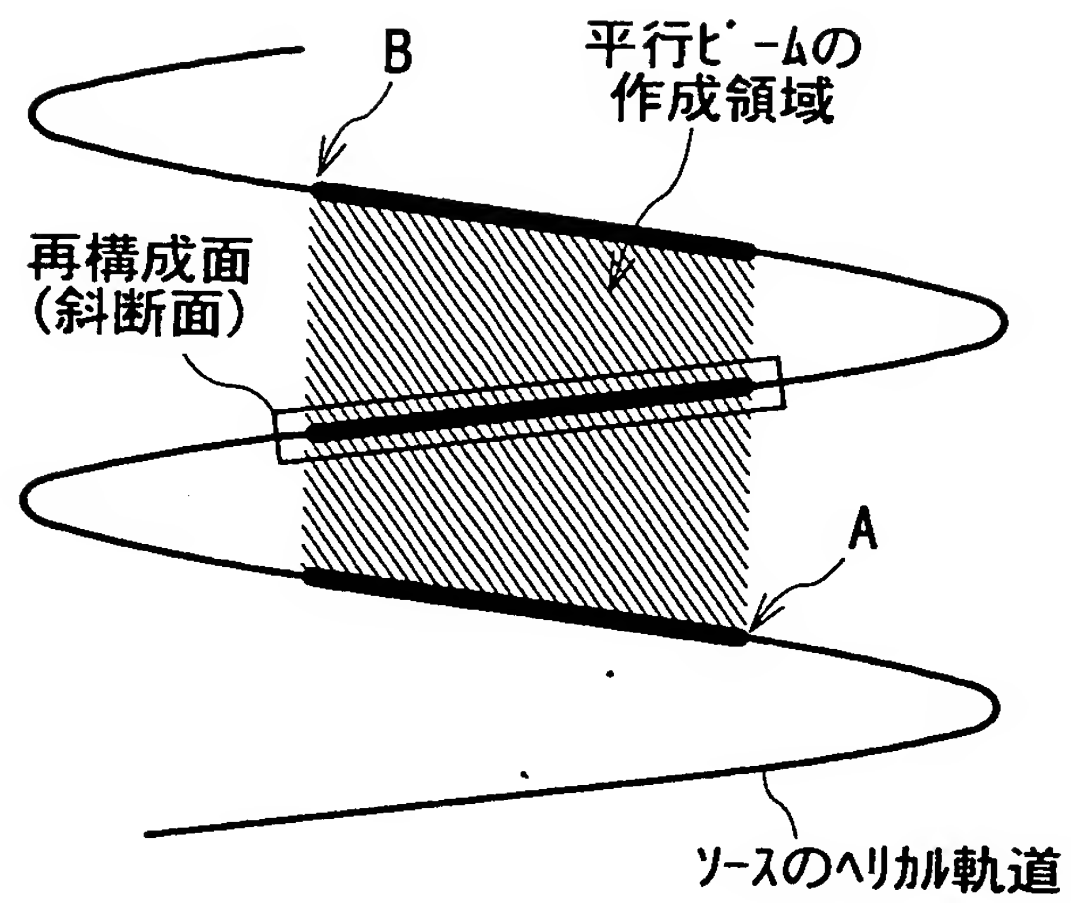


(b)

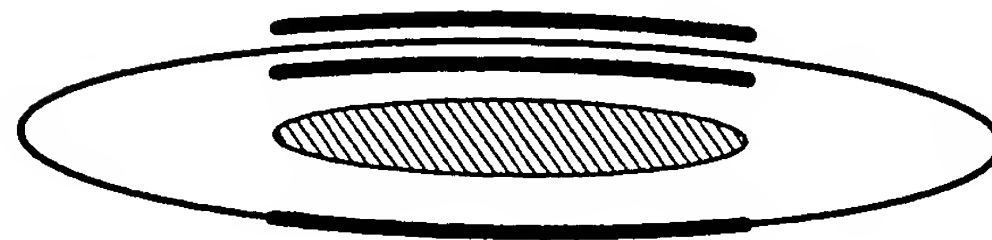


【図 2 0】

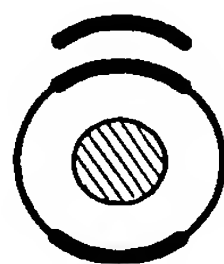
(a)



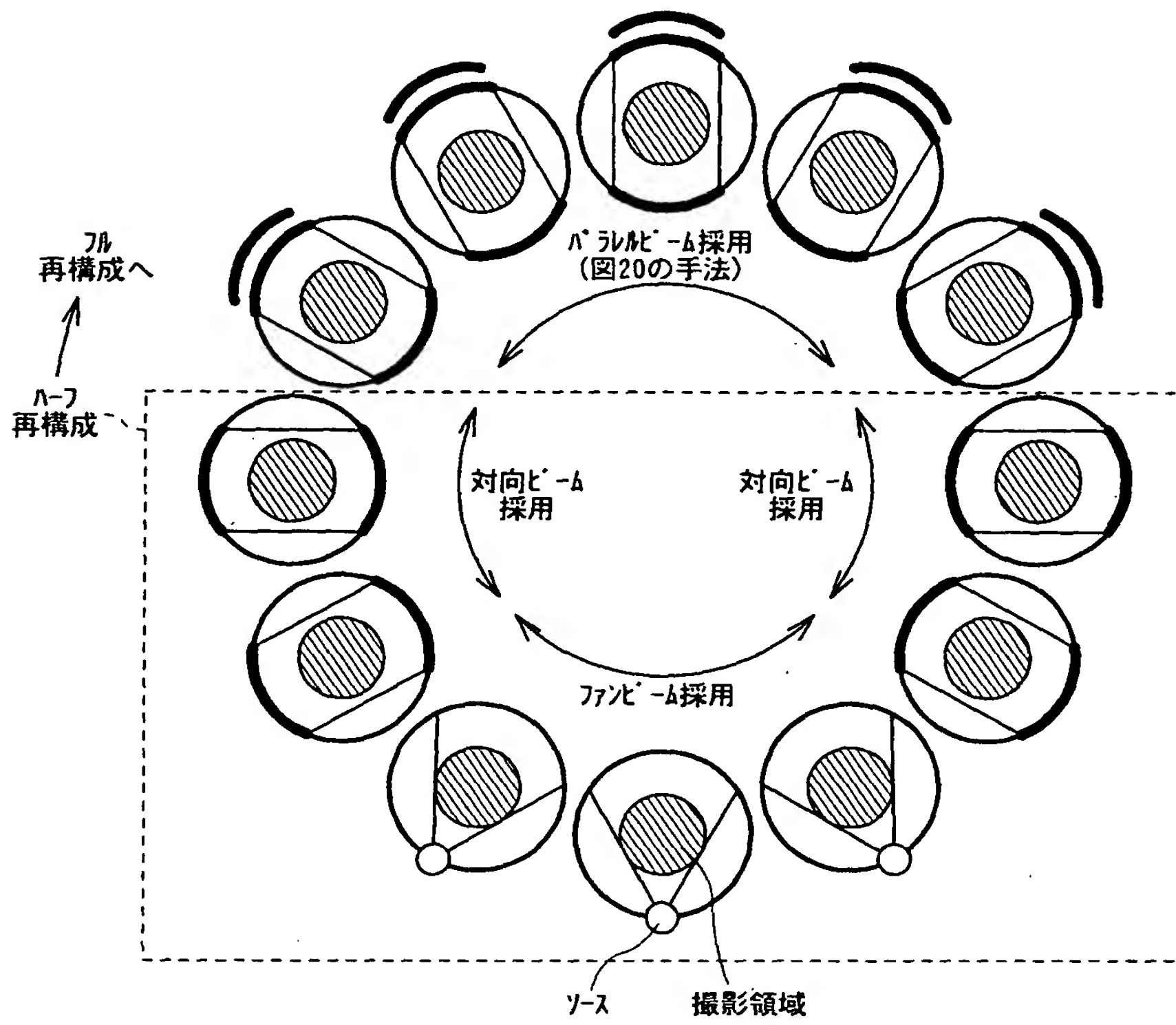
(b)



(c)



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 実用的で且つ精度の高い画像再構成法に加え、その画像再構成法の機能を有する 3 次元 C T システムを提供する。

【解決手段】 C T は、 2 次元アレイ検出器 1 1 を用いて被検体内の撮影領域の投影データを収集する 2 次元データ収集装置 1 2 と、その投影データに加え、該投影データをもとに新たに算出される追加のデータとの両方に基づいて、撮影領域の再構成像を再構成するハイブリッド画像再構成装置 3 1 とを備える。ハイブリッド画像再構成装置 3 1 は、機能上、追加の中間ビームデータ群の算出部、斜断面のハイブリッド再構成部、及び平行断面群の生成部とを備える。

【選択図】 図 2

出願人履歴情報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 2001年 7月 2日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名 株式会社東芝
2. 変更年月日 2003年 5月 9日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名 株式会社東芝